

# ANNALES DE PHYSIQUE DU GLOBE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER

(Météorologie, Séismologie, Magnétisme terrestre, Océanographie, Volcanologie, Hydrologie)

Paraissant tous les deux mois



## SOMMAIRE

Ciels de la France d'Outre-Mer.  
La période du crachin sur les régions du golfe du Tonkin.  
Activité atmosphérique et activité solaire.  
Passage sur le littoral Togolais d'une petite dépression  
accompagnée de trombes.  
Sur une perturbation du type cyclonique survenue à  
Conakry le 24 août 1935.  
Le réseau météorologique de l'A. O. F.  
Les vents du sable au Soudan.  
Origine des faibles visibilitées et des brouillards d'hiver  
sur la côte du bas Sénégal.  
Puissance destructive comparée des cyclones en Amé-  
rique et dans l'Océan Indien.  
Notes et informations.  
Bibliographie.

PARIS V<sup>e</sup>  
LAROSE ÉDITEUR

11, RUE VICTOR-COUSIN

Prix du Numéro : 6 francs

# ANNALES DE PHYSIQUE DU GLOBE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER

LAROSE, Éditeur,

11, RUE VICTOR-COUSIN, PARIS (V<sup>e</sup>)

-:- Téléphone : ODÉON 32-70 -:-

Chèques postaux : Paris 428.81

## PRIX DE L'ABONNEMENT ANNUEL

(6 numéros)

FRANCE ET COLONIES FRANÇAISES. . . . . 35 francs.  
ETRANGER . . . . . 40 francs.

Les abonnements sont payables d'avance à la souscription.

Chaque changement d'adresse  
doit être accompagné de 1 franc en timbres-poste.

Prix des collections 1934 et 1935, l'une . . . . . 50 francs.  
Prix du N<sup>o</sup> isolé de ces collections.. . . . 10 francs.

Tous droits de reproduction réservés

Les **Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer** sont publiées sous les auspices du *Conseil de Perfectionnement des Services de Physique du Globe des Colonies*, et sous la direction de M. Henry HUBERT, Inspecteur Général du Service Météorologique Colonial.

Chaque numéro contient des mémoires originaux, une chronique des questions de Physique du Globe intéressant les Colonies françaises et une revue bibliographique.

Les **Annales de Physique du Globe de la France d'Outre-Mer** résument les recherches et observations faites par les météorologistes coloniaux et présentées dans les publications locales ; elles abordent en outre soit des études spéciales n'ayant pu trouver place dans ces publications, soit — et cela de préférence — des travaux d'ensemble concernant des groupes ou la totalité de nos territoires extérieurs. Elles se proposent de faire ressortir la variété et la nouveauté des recherches de Physique du Globe entreprises dans nos possessions lointaines et de réaliser une présentation synthétique des questions, considérées dans le cadre très vaste de notre domaine colonial.

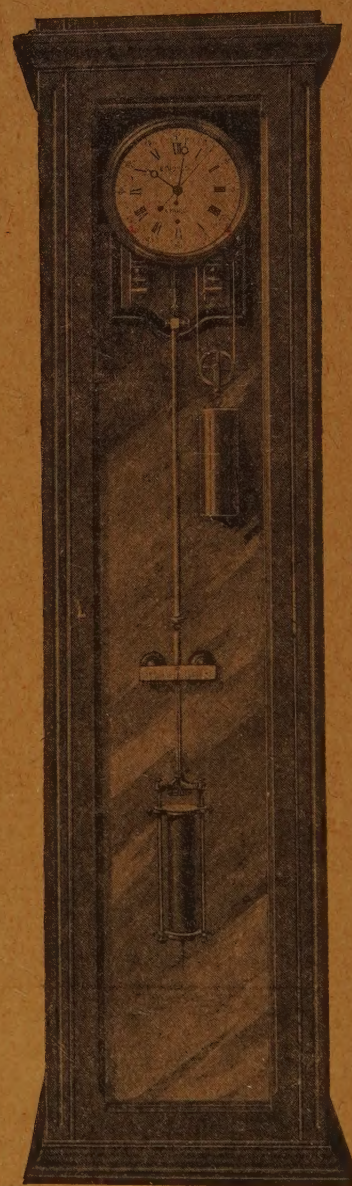
Les numéros de l'année 1936 sont publiés à l'aide d'une subvention de la Fondation Loutreuil (Académie des Sciences).

# J. AURICOSTE\*

HORLOGER DE LA MARINE DE L'ÉTAT :  
DE L'OBSERVATOIRE DU BUREAU DES LONGITUDES  
ET DU SERVICE GÉOGRAPHIQUE DE L'ARMÉE

10, Rue La Boétie, **PARIS**

TÉLÉPH. : ANJOU 25-60



Études  
Projets  
et  
Devis  
gratuits  
sur demande

Installation  
de  
Centres Horaire

Distribution  
d'heure

HORLOGERIE DE HAUTE PRÉCISION

:: PENDULES ASTRONOMIQUES ::

:: CHRONOMÈTRES DE MARINE ::

CHRONOGRAPHES-COMPTEURS

:: HORLOGERIE ÉLECTRIQUE ::

Construction — Réparations

## La période du crachin sur les régions du golfe du Tonkin

Dans l'ouvrage sur le climat de l'Indochine que nous avons publié en 1930, en collaboration avec M. Carton, nous avons écrit : « Il est une caractéristique importante du delta et de la moyenne région du Tonkin et, dans une mesure moindre, du Nord-Annam : c'est la période du « crachin », période humide de brouillards et de bruine ou de pluie fine accompagnant le minimum annuel normal de température et interrompant la saison sèche, en général vers la fin janvier jusqu'en mi-avril, en se rattachant graduellement par des chutes de pluie à la saison pluvieuse proprement dite. Cette période de crachin est d'ailleurs très variable comme importance et comme durée suivant les années. »

Nous avons ensuite décrit sommairement le mode de formation de ces brouillards à crachin, mais à l'époque, nous ne disposions pas encore du moyen d'investigation précieux que constituent les sondages aérologiques et le processus du phénomène ne nous apparaissait pas aussi clairement qu'aujourd'hui. Nous nous proposons, dans les lignes qui suivent, de présenter la question sous un jour quelque peu nouveau. Sans doute, ne possédons-nous pas encore tous les éléments de cette question qui, pour être traitée complètement, exigerait la connaissance des valeurs de la température et de l'état hygrométrique au moins dans les couches basses de la troposphère jusqu'à l'altitude de 2.000 mètres environ.

Nous commencerons par rappeler les caractéristiques essentielles du régime de mousson d'hiver et nous insisterons plus particulièrement sur le régime des vents au sol et en altitude sur le delta du Tonkin, le Nord et le Centre-Annam jusqu'à Tourane.

### I. — Répartition moyenne d'octobre à avril des pressions en Extrême-Orient

Des cartes isobariques mensuelles que nous avons publiées en 1931, il résulte que la période dite de mousson d'hiver s'étend du début d'octobre à avril inclusivement. Le mois d'octobre est essentiellement un mois de transition et, en règle générale, la deuxième quinzaine d'avril appartient déjà au régime de mousson d'été, la première quinzaine de ce

mois participant plus ou moins de l'un et l'autre régime.

Toutes les cartes isobariques mensuelles font apparaître un vaste anticyclone centré sur la région du lac Baïkal ou au voisinage de cette région. Au centre de cet anticyclone moyen, la pression croît respectivement de 770 millimètres en octobre à 780 millimètres en janvier et décroît ensuite pour atteindre 766 millimètres en avril. Dans le Sud de la mer de Chine, vers l'extrême Sud-Indochinois, les pressions moyennes restent sensiblement constantes, 756 ou 757 millimètres.

On trouve ainsi pour les écarts moyens de pression entre la région du lac Baïkal et le Sud de la mer de Chine, les valeurs suivantes :

| Mois : | Oct. | Nov. | Déc. | Janv. | Févr. | Mars | Avr. |
|--------|------|------|------|-------|-------|------|------|
| mm. :  | 14   | 17   | 20   | 24    | 23    | 17   | 10   |

et pour les écarts moyens entre Nord le et le Sud-Indochinois :

| Mois : | Oct. | Nov. | Déc. | Janv. | Févr. | Mars | Avr. |
|--------|------|------|------|-------|-------|------|------|
| mm. :  | 5    | 7    | 9    | 10    | 8     | 5    | 2    |

C'est donc en janvier que les écarts moyens sont les plus forts. C'est durant ce mois que la mousson d'hiver est la plus forte et que les températures sont les plus basses en Indochine et d'une façon générale en Extrême-Orient.

### II. — Vents au sol et en altitude. État du ciel

#### RÉGION NORD-OUEST DU GOLFE DU TONKIN

Pour définir le régime moyen des vents au sol et en altitude dans cette région, nous utiliserons les observations des stations de Phu-liên (observatoire) et de Hanoï où l'on exécute régulièrement des sondages aérologiques depuis plus de cinq ans.

#### *Vents au sol*

Les vents observés dans les stations à terre sont fréquemment soumis à des influences déviatrices locales. C'est le cas pour l'observatoire de Phu-liên en mousson de Nord-Est. Celle-ci y est fort amortie par les contreforts du massif du Đông-triêu qui

bordent au Nord la région de Haiphong. Les vents dominant au sol à Phu-liên diffèrent donc quelque peu de ceux de Hanoi :

|          | Oct. | Nov. | Déc. | Janv. | Févr. | Mars | Avr. |
|----------|------|------|------|-------|-------|------|------|
|          | —    | —    | —    | —     | —     | —    | —    |
| Phu-liên | q.E  | NE   | NE   | NE    | q.E   | SE   | SE   |
| Hanoi... | q.N  | q.N  | q.N  | NE    | NE    | SE   | SE   |

C'est donc dans l'ensemble un régime de Nord et de Nord-Est qui domine de novembre à janvier inclus. En octobre et en février, Phu-liên accuse des vents à composante Est marquée que l'on ne retrouve pas à la sortie d'Haiphong, où ils se maintiennent de Nord-Est. En mars et en avril, les vents de Sud-Est dominant à Phu-liên comme à Hanoi.

#### *Vents en altitude*

Comme chacun sait, la mousson de Nord-Est se superpose à l'alizé de Nord-Est qu'elle renforce. On doit donc retrouver en altitude une circulation dont les caractéristiques essentielles sont celles de la circulation générale aux latitudes envisagées.

Les sondages mettent cette remarque en lumière.

En régime de mousson de Nord-Est régulièrement établi, on distingue :

1° Une couche inférieure (air froid) dont le niveau supérieur atteint une altitude maximum de l'ordre de 2.000 mètres (une altitude moyenne de 1.000 à 1.500 mètres) et dans laquelle les vents sont du secteur Nord-Est ;

2° Une couche intermédiaire dont on peut fixer à 500 ou 1.000 mètres l'épaisseur maximum et dans laquelle les vents virent rapidement du Nord-Est au Sud-Ouest en passant par l'Est et le Sud ;

3° Une couche supérieure d'altitude maximum indéterminée mais s'étendant au-delà de 6.000 mètres et dans laquelle les vents sont d'abord du secteur Sud-Ouest, 20 à 30 kmh., puis plus haut du secteur Ouest 40 à 50 et même 60 kmh.

#### *Etat du ciel*

La couche que nous avons appelée « intermédiaire » est une zone de discontinuité. Elle est en règle générale matérialisée par une couche de strato-cumulus d'épaisseur variable, décroissant à mesure que les vents de Nord-Est gagnent en altitude comprise entre 1.500 et 2.000 mètres et disparaissant entièrement quand cette altitude est égale ou supérieure à 2.000 mètres. Ce dernier cas se présente souvent en décembre et pendant la première quinzaine de janvier au maximum de la mousson. Nous n'avons malheureusement pas pu faire jusqu'à présent de sondages

de température ; mais il est bien évident qu'à la discontinuité observée dans la direction des vents correspond une discontinuité de température et d'état hygrométrique dont l'amplitude s'atténue, et finit par s'annuler, à mesure que l'air froid inférieur gagne en altitude.

#### NORD ET CENTRE-ANNAM

##### *Vents au sol*

Par mousson d'hiver bien établie, les vents dominants sont du secteur Nord-Est sur le Nord-Annam jusqu'à Vinh inclusivement. Plus au Sud, l'influence déviatrice de la chaîne annamitique se fait sérieusement sentir : les vents de Nord-Est, au large, dominent du secteur Nord avec composante Nord-Ouest accusée dans la région de Đông-hoi ; ils dominent de Nord-Ouest dans la région Quang-tri-Hué-Tourane.

##### *Vents en altitude*

*Nord-Annam.* — Dans les couches basses, vers 200 à 500 mètres, l'influence de la chaîne paraît se faire sentir dès la région de Vinh, où les vents dominent du secteur Nord-Ouest. Vers 1.000 mètres les sondages accusent des vents du secteur Nord-Est, vers 1.500 des vents du secteur Est, et vers 2.000 une rotation brusque vers l'Ouest. Aux altitudes supérieures, jusqu'à 10.000 mètres, les vents se maintiennent, fermes, du secteur Ouest ou d'entre-Ouest et Sud-Ouest. Le régime est donc sensiblement le même que sur le delta du Tonkin.

*Centre-Annam.* — Nous ne disposons dans le Centre-Annam que d'une station de sondage, celle de Tourane. Or la région de Tourane jouit d'un régime particulier que l'orographie suffit à expliquer. Elle est bordée au Nord et à l'Ouest par un massif dont le point culminant atteint 1.700 mètres et qui pousse jusqu'à la mer un promontoire que l'on franchit au col des Nuages. Ce promontoire sépare deux régions aux climats nettement distincts : au Nord la région de Hué, au Sud celle de Tourane. Mais pour l'étude des vents en altitude en régime régulier de mousson de Nord-Est, une station de sondage placée à Hué nous serait d'un secours quasi nul. En mousson bien établie, le plafond y est en effet toujours très bas, alors que la baie de Tourane est souvent ensoleillée.

Les sondages de Tourane, en mousson normale accusent : dans les couches basses, vers 200 mètres, des vents de Nord-Ouest ; vers 500 des vents variables allant de Nord-Ouest à l'Est, de 1.000 à 2.000 mètres des vents irréguliers de Nord-Est, Est et Sud-Est ; vers 3.000 des vents de Nord et de Nord-

Ouest, souvent des brises variables. Ce n'est que vers 4.000 que le courant d'entre-Ouest et Sud-Ouest s'établit nettement. Il est probable que l'influence perturbatrice du massif signalé plus haut se fait surtout sentir dans la couche comprise entre 1.500 et 3.000 mètres et qu'à la latitude de Hué on trouverait le contre-alizé sinon vers 2.000 comme à Vinh, du moins à une altitude peu différente.

#### *Etat du ciel*

Dans l'extrême Nord-Annam, l'état du ciel ne diffère pas sensiblement de celui du delta du Tonkin. Dans la région de Vinh-Dông-hoi au contraire, on trouve généralement deux couches nuageuses : l'une de strato-cumulus élevé matérialisant, vers 2.000 mètres, une surface de discontinuité, l'autre de stratus plus ou moins élevés et plus ou moins abondants provenant de la condensation sur le versant oriental de la chaîne annamitique de la vapeur d'eau dont se sont chargés en passant sur les eaux du golfe les vents de Nord-Est antérieurement secs des couches les plus basses.

A une latitude inférieure, dans la région Quang-tri-Hué, ces condensations, du fait de l'orographie et de la plus forte quantité de vapeur d'eau amenée par les vents du large, atteignent au maximum. Plafond bas et temps bouché y sont la règle.

\* \* \*

Tout ce que nous venons de dire s'applique à un régime de mousson d'hiver bien établi et, à ne considérer que les cartes isobariques mensuelles, on pourrait croire qu'un tel régime est la règle durant toute la période qui s'étend d'octobre à avril. Or, de ces dix mois de l'année, trois à peine offrent un caractère de relative régularité : novembre, décembre et janvier. Février et mars sont, par excellence, des mois de brouillards et de crachin. Octobre et avril sont des mois de transition aux perturbations nombreuses.

### III. — Brouillards et Crachin de février et mars

Nous nous proposons, dans ce qui suit, d'indiquer comment l'on passe d'un régime normal de mousson d'hiver à une période de brouillard et de crachin, et inversement. La question est complexe ; nous essaierons d'en préciser les traits essentiels.

Les conditions initiales seront celles qui ont été définies au chapitre précédent, conditions qui correspondent à l'existence d'un anticyclone couvrant la Chine entière et s'étendant sur le Nord de la pénin-

sule indochinoise et le Nord du bassin de la mer de Chine.

Les phases successives de l'évolution sont les suivantes :

La pression baisse sur la Chine, soit que l'anticyclone s'affaiblisse, soit qu'il se déplace vers l'Est. Elle baisse également sur le Nord de l'Indochine et le golfe du Tonkin, de façon telle que les isobares au sol viennent épouser, de façon presque parfaite, la courbure du littoral. Il se forme ainsi sur le golfe du Tonkin une poche dépressionnaire peu profonde, mais nette, avec circulation cyclonique marquée à la périphérie : vents de Sud-Est dans la région de Fort-Bayard, de Nord-Est devant Haiphong, d'entre Nord-Ouest et Ouest sur le littoral d'Annam au nord de Tourane, d'entre Sud-Ouest et Sud à Tourane même. Sur la terre le gradient barométrique s'affaiblit, les isobares conservant dans l'ensemble leur orientation primitive Sud-Est-Nord-Ouest dès les premiers contreforts des reliefs.

En altitude le régime devient tout autre. A mesure que la pression mollit sur la Chine le contre-alizé s'abaisse. Sur les régions Nord-Ouest du golfe du Tonkin, il vire simultanément et progressivement au Sud et, dans les couches basses, vers 200 à 300 mètres, il atteint le Sud-Est. A vrai dire, il ne s'agit plus alors de contre-alizé. Les vents dans les couches basses sont commandés par de basses pressions d'origine occidentale qui envahissent progressivement le Nord de la péninsule. Et si le phénomène n'atteint pas le golfe du Tonkin au voisinage immédiat du sol il faut en voir la cause :

1° Dans l'influence retardatrice de la chaîne annamitique ;

2° Dans la différence des températures qui existe entre la terre refroidie et les eaux du golfe du Tonkin ;

De ce qui précède, il est déjà possible de tirer les conclusions suivantes :

a) Sur les régions Nord-Ouest du golfe du Tonkin les vents au sol et dans les couches inférieures voisines sont respectivement de Nord-Est et de Sud-Est ;

b) Dans le Nord-Annam les mêmes vents sont de Nord-Ouest et d'entre-Sud et Sud-Ouest ;

c) Dans le Centre-Annam au Nord de Tourane les vents sont du secteur Sud-Ouest au sol et en altitude.

D'où les conséquences :

A) Dans le Nord-Ouest du golfe les vents de Sud-Est des couches basses arrivent saturés de l'humidité dont ils se sont chargés à une latitude inférieure, alors qu'ils étaient sur mer des vents de surface. Ces

brises saturées rencontrent sur les régions Nord-Ouest du golfe du Tonkin une couche peu épaisse d'air inférieur plus froid et de direction Nord-Est-Sud-Ouest. Il se produit alors des condensations dont l'origine apparaît double :

1° Condensation par mélange au contact des deux courants Sud-Est-Nord-Ouest et Nord-Est-Sud-Ouest ;

2° Condensation par détente de l'air chaud et saturé d'humidité montant au-dessus de la couche inférieure froide.

Il est assez difficile de dire quelle est la part qui revient à chacun de ces deux modes de condensation ; mais, en raison du fait que ce sont surtout des brouillards ou des stratus très bas (altitude 40 à 50 m.) et des bruines très faibles que l'on observe dans le cas envisagé, il est vraisemblable que, sauf en des points particuliers où il est accusé par les reliefs, le mouvement ascensionnel de l'air chaud saturé est faible et que les condensations qui en résultent sont de peu d'importance. Au reste, la couche de stratus est souvent peu épaisse et les précipitations ne donnent que rarement des quantités d'eau mesurables.

B) La circulation des vents au sol et en altitude sur le littoral Nord et Centre-Annam indique que l'importance des condensations doit diminuer à mesure que l'on s'éloigne vers le Sud. C'est bien ce qui a lieu dans la réalité. A un plafond de stratus très bas, à des brouillards et bruines faibles continues sur la région qui s'étend de Moncay au sud du delta tonkinois, succèdent en général un plafond de stratus plus élevé avec bruine intermittente ou nulle sur l'extrême Nord-Annam (région de Thanh-hoa) et un ciel se dégageant ensuite progressivement pour devenir pur ou peu nuageux au sud de la porte d'Annam jusqu'à Tourane.

C) C'est vers la fin de la nuit et au cours de la première moitié de la matinée que la situation décrite est la plus nette. Vers la mi-matinée l'effet de l'échauffement diurne de l'air relativement froid inférieur d'une part, du continent d'autre part entraîne, en règle générale, une modification très sensible de la situation. Vers midi l'échauffement du sol est presque toujours devenu suffisant pour faire disparaître — ou tout au moins atténuer — l'importance de la poche dépressionnaire du golfe. Simultanément les vents au sol virent à l'Est, parfois au Sud-Est là où ils étaient de Nord-Est, le plafond de stratus s'élève et les bruines cessent. Le phénomène inverse se produit pendant la nuit.

L'évolution que nous venons de décrire correspond à ce que nous appellerons le brouillard et le crachin « à la baisse ». Au cours des mois de février et de mars elle est toujours interrompue par l'apparition d'un nouvel anticyclone sur la Sibérie et la Mongolie. Cet anticyclone s'étend, en général, sur la Chine du Nord, puis sur la Chine méridionale et le nord de l'Indochine, son centre se déplaçant simultanément en direction Sud ou Sud-Est. Deux cas peuvent alors se présenter :

1° Si la hausse est brusque et forte, en d'autres termes si la vague nouvelle d'air froid déferle franchement sur le Nord indochinois, c'est un véritable « coup de balai » donné sur le delta du Tonkin et les régions environnantes et l'on revient vite à la situation déjà décrite de mousson d'hiver. Sur le littoral Nord et Centre-Annam et, plus particulièrement, à partir de la région de Vinh où la côte d'infléchit vers le Sud-Est, le ciel se couvre en totalité et le plafond s'abaisse rapidement avec formation abondante de stratus bas, de bruine, ou de pluie fine. Sur cette partie du littoral, comme tout au long de la côte orientale d'Indochine, la chaîne annamitique n'est séparée de la mer que par une zone deltaïque étroite et elle pousse jusqu'aux rives du golfe du Tonkin deux promontoires, l'un à la Porte d'Annam, l'autre dont nous avons déjà parlé au col des Nuages. L'influence des reliefs sur la formation des condensations apparaît, ici, évidente. C'est, d'ailleurs, sur le versant Nord des deux promontoires que les condensations sont les plus abondantes et le plafond le plus bas.

2° La vague anticyclonique déferle lentement à travers la Chine méridionale et sur le Nord de l'Indochine.

C'est alors, sur les régions Nord et Nord-Ouest du golfe du Tonkin une « infiltration » d'air froid dans les couches basses, infiltration irrégulière, pour une large part fonction de l'orographie, et donnant aux isobares une allure tourmentée. Si l'évolution antérieure vers une situation dépressionnaire est assez avancée, les condensations atteignent à leur maximum sous la forme de crachin et de pluies fines et persistantes avec un plafond toujours bas et des averses sporadiques possibles. L'avancée lente du front froid, en forme de coin très irrégulier, qui refoule vers le Sud l'air chaud et humide des couches basses avec lesquelles il entre en contact entraîne la formation :

1° De condensations par mélange ;

2° De condensations par refroidissement dû au mouvement ascensionnel de l'air chaud et humide ;

3° De nombreuses petites lignes de grain avec des averses passagères, parfois même quelques manifestations orageuses.

Les précipitations « à la hausse » sont dans ces conditions beaucoup plus importantes que les précipitations « à la baisse ». Les formations nuageuses ne comportent d'ailleurs pas, uniquement, une couche épaisse de stratus bas nimboformes, mais aussi des cumulo-nimbus plus ou moins développés dont l'existence se manifeste par des précipitations passagèrement plus importantes. Le plafond est bas mais d'altitude variable. Par moments, il s'élève assez (200 à 300 m.) pour donner à l'observateur l'impression d'une amélioration définitive du temps alors que celui-ci est, quelques instants plus tard, de nouveau complètement bouché.

A mesure que la situation se régularise sur le Tonkin, c'est-à-dire que l'air froid, après avoir envahi complètement les couches voisines du sol, gagne progressivement en altitude, le phénomène atteint progressivement les latitudes plus basses, d'abord le Nord, puis le Centre-Annam, l'air froid s'écoulant au long du versant oriental de la chaîne annamitique. La zone deltaïque littorale devient ainsi le siège de multiples perturbations, remous qu'accuse la variabilité des vents au sol et de condensation (stratus bas ou brouillards et nimbus cumuliformes).

L'instabilité du régime qui, dans la moyenne, se manifeste vers la fin de janvier ou le début de février augmente à mesure qu'approche l'équinoxe de printemps. Les pressions moyennes vont bien constamment en décroissant sur la Chine, mais leurs varia-

tions y sont d'amplitude croissante. Simultanément les températures se relèvent sur les régions du golfe du Tonkin, en sorte que toute situation dépressionnaire (donnant des brouillards et des bruines sur le Nord du golfe) est accompagnée d'une évaporation de plus en plus active là où le ciel est dégagé, sur le Sud du golfe en particulier. Dans ces conditions, à une hausse nouvelle sur la Chine et à l'arrivée concomitante d'air froid sur le Nord-Indochinois correspondent des condensations plus importantes sur les régions du golfe du Tonkin. Mais il faut noter que les vagues d'air froid qui atteignent ainsi le Nord de l'Indochine gagnent de plus en plus difficilement le Centre-Annam où les journées de brouillards et de crachin deviennent de plus en plus rares.

\* \*

Dans les tableaux de la page 139 nous donnons, pour chacun des mois de février et de mars et pour les heures normales d'observations (6 h., 8 h., 10 h., 14 h., 16 h.) le nombre moyen et le nombre maximum de jours de crachin observés durant les 6 dernières années à Phu-liên, Hanoï, Moncay, Thanh-hoa, Vinh et Đông-hoi.

Les graphiques des pages 140-142 donnent, pour les mêmes stations sauf Phu-liên (que nous avons éliminé en raison de son altitude), les pourcentages des visibilités comprises entre 0 et 500 m., 500 et 1.000 m., 1 et 2 km., 2 et 4 km., 4 et 10 km. et supérieures à 10 km aux mêmes heures d'observations : 6 h., 8 h., 10 h., 14 h. et 16 h.

BRUZON,

*Ingénieur-météorologiste en Chef des Colonies,  
Phu-Liên (Indochine).*

## Activité atmosphérique et activité solaire <sup>(1)</sup>

### INTRODUCTION

Dans un mémoire adressé l'année passée à la Société Météorologique de France et non encore publié, j'ai établi que, depuis le minimum d'activité solaire de 1933, la *circulation générale atmosphérique* s'était affaiblie par suite d'un accroissement de

la pression dans les régions arctiques et tropicales et d'une diminution de la pression dans les régions tempérées de l'Océan Atlantique et de l'Europe.

A l'aide de cartes d'anomalies de la pression moyenne annuelle, j'ai montré que l'affaiblissement de la circulation résultait d'une *rotation générale des zones d'anomalies positives et négatives* dans le sens des aiguilles d'une montre. Jusqu'à présent, les fluctuations des centres d'action de l'atmosphère se poursuivent dans le même sens, l'activité solaire n'ayant cessé de croître depuis 1933. La sécheresse

(1) Ce mémoire a été présenté au Congrès de l'Association française pour l'Avancement des Sciences, tenu à Marseille en juillet 1936. Je remercie très vivement M. H. Hubert, Inspecteur Général du Service Météorologie Colonial, d'avoir bien voulu, en qualité de Président de la 7<sup>e</sup> section du Congrès, faciliter la publication in-extenso de ma note. L. R.

qui sévit actuellement à l'Est des Etats-Unis et les orages qui ont ravagé la France au début de l'été 1936 ne sont, d'ailleurs, que la conséquence du déplacement, vers le Sud, de la ceinture des hautes pressions de l'Atlantique et de leur extension simultanée vers la côte orientale des Etats-Unis.

Je me propose de montrer, dans cette note, que la situation actuelle de la circulation atmosphérique n'est que la répétition de celle qui accompagna le maximum solaire de 1893. Dans un mémoire intitulé *Weather and solar activity* et publié à Washington en 1934, H. Helm Clayton avait déjà noté que, depuis 1848, les maxima de l'activité solaire sont alternativement plus élevés et moins élevés, c'est-à-dire qu'un état semblable de cette activité revient, en moyenne, tous les 22 ans (*période de Hale*). C'est ainsi qu'en 1848, 1870, 1893 et 1917 le nombre de taches atteignit des valeurs supérieures à celles de 1860, 1883, 1905 et 1928. La période d'activité actuelle rentre dans la première de ces catégories dont les dates, observons-le en passant, rappellent des époques particulièrement troublées de l'histoire.

#### MÉTHODE DE TRAVAIL

L'intensité de la circulation générale atmosphérique subit, au cours du temps, des variations périodiques dont la régularité n'apparaît pas nettement dans les cartes isobariques quotidiennes par suite de l'intervention des variations accidentelles de la pression.

Si l'on adopte, par exemple, pour mesure de la dite intensité, le *gradient de pression Açores-Islande* qui correspond à la vitesse des courants d'Ouest au-dessus de l'Océan Atlantique, il est nécessaire de l'évaluer au moyen de cartes moyennes de la pression mensuelle.

Les anomalies positives ou négatives du gradient de pression correspondant à un renforcement ou à un affaiblissement de l'intensité de la circulation, il devient alors tout indiqué d'établir également des cartes d'*anomalies de la pression moyenne mensuelle*.

Afin de m'affranchir de l'influence saisonnière, j'ai préféré calculer les anomalies de la pression pour des *intervalles de 12 mois* en partant successivement de chacun des mois consécutifs. J'ai pu suivre, de cette manière, le déplacement continu des zones d'anomalies et en tirer les conclusions que je vais exposer.

Les données que j'ai utilisées sont les pressions moyennes mensuelles relevées aux points d'intersection des méridiens, de 10° en 10° de longitude, et des parallèles, de 5° en 5° de latitude, sur les cartes

de la *Deutsche Seewarte*, publiées pour l'intervalle de décembre 1883 à décembre 1911. Je profite de cette occasion pour exprimer publiquement mes remerciements à l'Association française pour l'avancement des Sciences dont l'octroi d'une subvention m'a permis d'obtenir la photographie de ces précieux documents dont il n'existe, en France, qu'un très petit nombre d'exemplaires. Je remercie également M. Wehrlé, Directeur de l'O. N. M. qui a bien voulu me procurer les photographies en question.

J'ai ainsi pu relever, sur chaque carte, les pressions d'environ 200 points pour un espace embrassant la moitié Est de l'Amérique du Nord, l'Océan Arctique au Sud du 75° parallèle, l'Océan Atlantique au Nord du 25° parallèle, l'Europe, la Méditerranée, le Nord de l'Afrique, l'Asie Mineure et la Sibérie occidentale. J'ai, ensuite, ajouté les pressions par groupes de 12 en partant de chacun des mois successifs et en suivant la *méthode de calcul rapide des moyennes* que j'ai présentée l'an passé au Congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences à Nantes.

Les quotients par 12 des nombres ainsi obtenus représentent, avec une grande approximation, les moyennes de la pression annuelle et j'en ai déduit les anomalies par rapport à la moyenne générale de l'intervalle étudié. Bien que la méthode de calcul ainsi employée soit simplifiée, je n'ai encore pu l'appliquer jusqu'ici, faute de temps et d'aide, qu'à l'intervalle de décembre 1883 à janvier 1893. Je me propose, si les circonstances me le permettent, de poursuivre mes calculs jusqu'à la fin de la série des cartes de la *Deutsche Seewarte*, c'est-à-dire jusqu'à décembre 1911.

Ce sont donc les résultats relatifs aux cinq dernières années du cycle solaire 1878-1888 et aux quatre premières années du cycle 1889-1900 que je vais exposer. Je me fais, avant tout, un devoir de rendre ici hommage à M. Mémery, Directeur de l'Observatoire de Talence, dont les judicieuses deductions, basées sur quarante années d'observations de taches solaires, vont trouver dans le présent mémoire une confirmation remarquable.

#### CARTES D'ANOMALIES

Parmi l'ensemble des cartes d'anomalies de la pression au cours d'intervalles de 12 mois, j'ai choisi les cartes numérotées I à X (p. 144-145) qui représentent la répartition des zones d'anomalies pour des intervalles partant respectivement du 1<sup>er</sup> janvier des années 1884 à 1892. (La carte intermédiaire

VIII se rapporte, par exception, à une période partant du 1<sup>er</sup> juillet 1890.)

Pour rendre comparables aux données de ces cartes les valeurs correspondantes de l'activité solaire, j'ai représenté, dans la courbe I (p. 143), les *moyennes annuelles des nombres de taches* (nombres mensuels de l'*Observatoire de Zürich*, additionnés 12 par 12 en partant du début de chaque mois). Les numéros des cartes I à X ont été inscrits sur cette courbe aux points correspondant aux intervalles de 12 mois auxquels se rapportent les cartes.

J'ai mis en regard les cartes I à V représentant les anomalies de pression de 1884 à 1888, c'est-à-dire pendant la période de décroissance des taches et les cartes VI à X relatives à la période d'accroissement des taches de 1889 à 1892. On observe immédiatement que les aires positives et négatives des premières cartes sont inversées dans les secondes ou, en d'autres termes, que les valeurs des anomalies des deux séries de cartes sont *complémentaires*.

Analysons maintenant chacune de ces deux séries :

a) En 1884 (carte I), soit un an après le maximum d'activité de 1883, il existait des anomalies positives de pression sur l'Ouest des Etats-Unis et sur la majeure partie de l'Océan Atlantique et de l'Europe. Par contre, les anomalies étaient négatives dans les régions arctiques du Nord du Canada, au Groënland et en Sibérie. Cette répartition correspondait à un gradient plus serré et, par conséquent, à une *circulation atmosphérique plus intense*.

Au cours de la période de diminution des taches, on voit, sur la carte II, une région d'anomalies positives se déplacer du Groënland, en 1885, vers le Sud, en 1886 (carte III), après avoir écarté les deux zones d'anomalies négatives des régions arctiques de la carte I, puis remonter, en 1887, sur les îles Britanniques (carte IV) pour revenir enfin, en 1888, au sud du Groënland (carte V), après avoir effectué une *rotation sinistrorsum*. Au devant de la zone d'anomalies positives, la zone d'anomalies négatives qui se trouvait primitivement à l'est du Groënland (carte I) est d'abord descendue sur l'Europe occidentale (carte II) puis s'est dirigée vers la Sibérie septentrionale (cartes IV et V). Un tel déplacement des zones d'anomalies, en sens inverse des aiguilles d'une montre, caractérise une époque troublée par de nombreuses invasions d'*air polaire actif* donnant naissance à des *anticyclones mobiles* précédés de *perturbations*.

Entre temps, la seconde zone d'anomalies négatives se propageait en 1885 et 1886, de la baie d'Hudson vers le Labrador (cartes II et III), puis, en 1887

et 1888, vers les îles Açores (cartes IV et V), cependant qu'à l'arrière de cette zone, les Etats-Unis étaient graduellement envahis par une aire d'anomalies positives marquant l'avance d'une masse d'*air polaire actif* originaire de l'Alaska.

Ainsi, pendant la période de décroissance des taches, on observe deux expulsions importantes d'air polaire actif issues respectivement du Groënland et de l'Alaska et provoquant des perturbations caractérisées par l'existence de couples d'anomalies positives et négatives dont le mouvement a lieu dans le sens cyclonique. Ce fait est à rapprocher de celui signalé par M. Mémary pour les perturbations de faible durée d'Europe occidentale.

b) Les cartes VI à X des anomalies de la pression au cours de l'intervalle de 1889 à 1892, caractérisé par l'accroissement de l'activité solaire (voir la courbe I), montrent ce qui suit :

Au cours de l'année 1889, marquée par un minimum du nombre de taches, il s'est produit une inversion du signe des anomalies de pression (comparer les cartes V et VI). Notons, à ce sujet, que H. Helm Clayton, dans son mémoire déjà cité, signale de semblables renversements dans le signe des anomalies de pression aux époques où l'intensité de la radiation solaire passe par sa valeur *moyenne* et non par sa valeur *minimum*, ce qui impliquerait ou bien l'existence d'un déphasage égal au quart de la période undécennale entre l'activité solaire évaluée par le nombre de taches et l'intensité de la radiation solaire mesurée au moyen d'actinomètres ou bien un effet, alternativement opposé tous les 11 ans, des taches sur l'intensité mesurée de la radiation solaire. Cette seconde hypothèse paraît plus vraisemblable d'après ce qui suit.

Après l'inversion de signe des anomalies, on voit, sur les cartes VI à X, les zones positives et négatives venir reprendre, de 1889 à 1892, la place qu'occupaient, de 1884 à 1888, les zones de signe opposé. La rotation des domaines d'anomalies s'effectue donc en période d'accroissement de l'activité solaire, *dextrorsum*, c'est-à-dire en sens inverse de celui que nous avons observé au cours de la phase décroissante. C'est ainsi que la région d'anomalies positives qui s'étend de l'Océan Atlantique à la Sibérie en 1889 (carte VI) possède deux centres distincts dont le premier se dirige, en tournant dans le sens des aiguilles d'une montre, des îles Açores vers les régions arctiques du Nord du Canada, suivant en sens inverse le chemin qu'avait emprunté la seconde zone d'anomalies négatives de 1884 à 1888. De son côté, le second centre d'anomalies positives de 1889, parti

de la Sibérie, descend d'abord sur l'Europe puis remonte vers le Groënland, à l'inverse de la première zone d'anomalies négatives de la carte I.

On peut voir, de même, les domaines d'anomalies négatives de la carte VI reprendre, en sens inverse, les trajectoires suivies par les domaines d'anomalies positives sur les cartes I à V.

A l'inverse de ce que nous avons observé pendant la phase d'activité solaire décroissante, nous voyons, de 1889 à 1892, l'*air tropical actif* originaire de la ceinture des pressions élevées de l'Océan Atlantique provoquer la baisse barométrique qui s'étend graduellement vers l'Europe (carte X) après avoir envahi l'Océan (cartes VIII et IX). Ainsi se trouvent encore confirmées, à grande échelle, les observations de M. Mémery sur l'élévation de la température en Europe occidentale en période d'activité solaire croissante.

#### SYMÉTRIE DES COURBES DE PRESSION

Les courbes de la pression moyenne annuelle, en divers points de l'hémisphère boréal, au cours de l'intervalle étudié 1884-1892, montrent les particularités suivantes :

a) Existence d'un *point de symétrie double* en mai 1889. On sait, d'après Weickmann (*Wellen im Luftmeer*, Leipzig 1924), que ce phénomène est provoqué par les *vibrations stationnaires* de l'atmosphère ;

b) Variations de pression de signe opposé dans les régions océaniques arctiques (Groënland) et dans les régions océaniques tempérées (Açores) ;

c) Variations de pression de signe opposé dans les régions continentales arctiques d'Amérique (Nord Canada) et dans les régions continentales d'Eurasie (U. R. S. S.) ;

d) Variations de pression très faibles dans les régions intermédiaires (Terre-Neuve, Mer du Nord). Ces régions sont situées aux *nœuds* des vibrations stationnaires de l'atmosphère, les précédentes étant situées aux *ventres* de vibration.

Afin d'examiner de près le rapport entre les variations de l'activité atmosphérique et les variations de l'activité solaire, j'ai calculé successivement, pour l'intervalle de décembre 1883 à janvier 1893, et en plus du nombre moyen annuel de taches obtenu en partant du 1<sup>er</sup> jour de chaque mois (courbe I), la variation interannuelle de ce nombre (courbe II) ainsi que sa variation seconde (courbe III).

La courbe I ne nous révèle rien d'autre que ce que nous savons déjà au sujet de l'allure de la variation

du nombre des taches : diminution plus lente que l'accroissement, ce que traduit également la courbe II dont la partie négative s'étend sur une durée plus longue que la partie positive. Mais, alors que les accidents de la courbe I apparaissent peu nettement, ceux de la courbe II sont plus visibles et montrent une ondulation d'une *période de 2 ans 2 environ* (5<sup>e</sup> harmonique de l'onde undécennale supposée sinusoïdale). Les maxima de la courbe II correspondent aux époques où la courbe I monte le plus rapidement et, inversement, les minima de la courbe II se trouvent aux époques où la diminution de ce nombre est plus accentuée.

La courbe III montre les mêmes ondulations que la courbe II avec un retard d'un quart de période et avec un retard d'une demi-période sur les ondulations de la courbe I. Autrement dit, les ordonnées de la courbe III sont en *opposition de phase* avec celles de la courbe I ; elles sont donc positives lorsque la courbe I présente des dépressions et négatives lorsque cette dernière présente des renflements.

Si, maintenant, nous comparons la courbe III aux courbes des anomalies de la pression moyenne annuelle en différents points du globe, nous trouvons une coïncidence remarquable :

Exemples : a) Dans l'Océan Arctique (courbe IV en trait plein), en un point situé au Sud-Ouest de l'Islande et au Sud-Est de la pointe du Groënland, par 60° Nord et 30° Ouest, les anomalies de pression positive qui correspondent à des *invasions d'air polaire* se produisent, pendant la phase décroissante du nombre des taches solaires, lorsque la courbe I présente des renflements, c'est-à-dire lorsque l'onde de 2 ans 2 a ses ordonnées positives (cas des cartes II en 1885 et IV en 1887). L'inverse a lieu pendant la phase croissante du nombre des taches, c'est-à-dire que lorsque les ordonnées de l'onde de 2 ans 2 sont positives, il se produit, au point considéré, des anomalies de pression négatives dues à des *invasions d'air tropical* comme en 1889 (carte VI) et 1891 (carte IX).

b) Au milieu de l'Océan Atlantique (courbe IV en pointillé) en un point situé par 40° Nord et 40° Ouest, c'est-à-dire à l'ouest des Açores, à mi-chemin entre Lisbonne et New-York, les variations de la pression sont opposées à celles de l'Océan Arctique. A chacune des invasions d'air polaire actif de la période de décroissance des taches correspond, sur l'Atlantique, une anomalie négative et, inversement, à chaque renforcement de l'anticyclone des Açores correspond une anomalie négative dans le bassin arctique.

On aperçoit en  $\Sigma$ , sur les courbes IV, le *point de symétrie double* qui correspond au point de symétrie

double de l'onde de 2 ans 2 de la courbe II et au point de symétrie simple de la même onde sur la courbe III.

### ESSAI D'EXPLICATION PHYSIQUE

Nous avons vu qu'en 1892, un an avant l'époque d'un important maximum d'activité solaire, la répartition des anomalies de pression était exactement l'inverse de celle correspondant au maximum moins important de 1883. La circulation générale atmosphérique, plus intense à cette dernière date, fut, au contraire, moins intense lors du maximum de 1893.

Il est donc logique d'admettre que l'action des taches sur l'atmosphère terrestre fut opposée pendant les périodes solaires correspondant aux maxima de 1883 et de 1893. D'après l'hypothèse de l'émission par le soleil de corpuscules électrisés (voir Ch. Maurain : « Sur l'intervalle de temps entre les phénomènes solaires et les perturbations magnétiques terrestres », *Ann. de l'Institut de Physique du Globe de l'Université de Paris*, tome XII, 1934, p. 63), on est conduit à supposer que l'effet de ces corpuscules est inverse suivant que l'on se trouve à l'époque d'un maximum d'activité solaire moins important, comme en 1883, ou plus important, connu en 1893. Dans ces conditions, on devrait trouver, dans les régions polaires, une répartition différente de la *couche d'ozone* dont la formation, d'après Dauvillier (« Année polaire internationale 1932-33. Participation française », Paris, 1936, p. 349) serait en relation étroite avec l'*activité aurorale* et aussi avec l'*activité solaire*. Or, il est acquis, d'après les travaux de Dobson, que l'*ozone* existe en plus grande quantité à l'arrière des dépressions, c'est-à-dire dans l'*air polaire actif*. Des mesures spectroscopiques faites dans les régions polaires devraient donc indiquer des quantités d'*ozone* plus grandes aux époques où l'*air polaire* est le plus actif.

Les faits suivants semblent confirmer cette hypothèse : Dauvillier a effectué au *Scoresby-Sund* (Groënland) des dosages d'*ozone* de décembre 1932 à mai 1933, c'est-à-dire juste avant l'époque du dernier minimum d'activité solaire et il a trouvé la quantité considérable de 57 milligrammes d'*ozone* par 100 mètres cubes d'air, pendant la nuit polaire, en fin décembre 1932 et par grande activité aurorale.

La situation barométrique d'alors comportait, comme en 1888, année précédant un minimum solaire, 44 ans auparavant, des anomalies positives de pression sur le Groënland (carte V). L'*air polaire* y était donc *actif*. D'autre part, des dosages d'*ozone* effectués simultanément, à *Abisko*, dans le Nord de

la Scandinavie ne dénotèrent qu'une concentration relativement faible de ce gaz, ce qui semble normal puisqu'*Abisko* se trouvait dans une région d'anomalies négatives, c'est-à-dire loin de l'*air polaire actif*.

L'inversion des anomalies de pression aux époques de deux maxima consécutifs des taches semblerait donc provenir, en définitive, d'une répartition également inversée de la couche d'*ozone* dans les régions arctiques. Au moment des maxima solaires plus importants comme en 1893 et actuellement aussi, l'*ozone* se trouverait en plus grande quantité en bordure du bassin polaire où l'activité aurorale serait également plus considérable qu'aux époques de maxima solaires moins importants comme 1883.

La cause de cette disparité serait peut-être due, en dernière analyse, à l'émission, par le soleil, de corpuscules de *polarité différente* pendant chacun des cycles consécutifs. Ceci est à rapprocher de l'inversion de l'effet Zeeman, observée par Hale tous les 11 ans, sur les raies du spectre émis par le soleil.

### APPLICATION A LA PRÉVISION A LONGUE ÉCHÉANCE

Comme conséquence pratique de la symétrie constatée dans les cartes d'anomalies de la pression moyenne annuelle au cours de l'intervalle 1883-1893, il eût été possible d'établir à l'avance, pendant l'année 1889 et aussitôt après avoir reconnu la symétrie des phénomènes, les cartes moyennes de pression pour les années 1890 à 1892.

Remarquons d'abord qu'aux époques des maxima relativement faibles de l'activité solaire comme 1883, l'anticyclone atlantique s'étend en sens inverse des aiguilles d'une montre vers l'Europe, y barrant ainsi la route aux dépressions du front polaire. La trajectoire des perturbations est alors dirigée de l'Ouest-Sud-Ouest à l'Est-Nord-Est depuis le golfe du Mexique jusqu'à la Scandinavie (courant du Gulf-Stream). Pendant ces années-là, il y a donc sécheresse en Europe continentale et pluviosité relativement abondante aux Etats-Unis.

L'inverse a lieu pendant les années de maxima solaires élevés, telle l'année 1893 : à ces époques, l'anticyclone atlantique s'étend alors dans le sens des aiguilles d'une montre vers l'Amérique du Nord en y provoquant la sécheresse. (Ce cas se présente actuellement, l'année 1936 étant une année de maximum très important de l'activité solaire, distant de 43 ans, c'est-à-dire d'environ deux fois la période de Hale du maximum de 1893). Le chemin des dépressions du front polaire est alors orienté Nord-Ouest-Sud-Est vers l'Europe.

Remarquons également que le mouvement sinistrorsum des anomalies de pression pendant la période de décroissance de l'activité solaire, de 1884 à 1888, a conduit à une situation isobarique analogue à celle correspondant au maximum de 1893. C'est donc l'inversion du signe des anomalies entre 1888 et 1889, jointe à l'inversion de leur sens de rotation, à partir de 1889, qui a eu pour résultat d'amener, à l'époque du maximum d'activité solaire de 1893, une situation inverse à celle de 1884.

Notons cependant une différence entre 1888 et 1892: l'extension de l'anticyclone océanique vers l'Amérique, en 1888, fut provoquée par l'avance de l'air polaire actif de la baie d'Hudson vers le Sud, alors qu'en 1892, lorsque l'anticyclone s'avança, comme actuellement, de l'Océan vers l'Est des Etats-Unis, ce fut par suite de l'activité de l'air tropical. (Voir à ce propos ma communication au Congrès de l'Association française pour l'avancement des Sciences à Chambéry, 1933, au sujet de « Quelques remarques sur la circulation générale atmosphérique »). Il ne suffit donc pas, pour établir un pronostic concernant le caractère d'une année, de se borner à la considération de la carte de la pression moyenne annuelle prévue; il faut également tenir compte de

ce que les anomalies de pression sont animées d'un mouvement de rotation engendrée par l'activité de l'air polaire ou de l'air tropical.

La méthode de calcul utilisée permet enfin de construire, à l'avance, les cartes de la pression moyenne mensuelle. Supposons, par exemple, que nous ayons déterminé, par symétrie, la répartition des anomalies pour une année A antérieure de  $n$  mois à la date de symétrie (voir courbe IV). L'anomalie de pression de l'année symétrique A' distante de  $2n$  mois de A sera, en un lieu déterminé, égale et opposée à celle de l'année A.

D'autre part, deux cartes d'anomalies correspondant à des intervalles consécutifs de 12 mois différeront entre elles et en chaque point de quantités égales aux variations des pressions moyennes mensuelles durant le mois de début du premier intervalle de 12 mois et le mois clôturant le second intervalle. On peut donc, de proche en proche, établir, pour des dates déterminées, les cartes moyennes de la pression mensuelle, à partir du point de symétrie, par simple addition graphique de variations égales et opposées à celles des dates symétriques.

Alger, juillet 1936.

L. PETITJEAN.

## Passage sur le littoral Togolais d'une petite dépression accompagnée de trombes

Le 25 mars 1936, vers 8 heures du matin, une perturbation du type cyclonique accompagnée de mouvements tourbillonnaires violents et très intenses, ravagea une partie de la côte togolaise de Porto-Ségouro à Lomé (Voir graphiques et carte p. 146).

Depuis la veille au début de l'après-midi le temps était très orageux, de nombreux grains et orages se succédèrent pour ainsi dire sans interruption en suivant la ligne à grains Anécho, vallée du Zio, Misahoé, plateau Daye. Vers 17 heures, le 24, le développement supérieur d'un cumulo-nimbus situé au Nord-Ouest arrivait au-dessus de Lomé, le sondage de 16 heures ayant indiqué, à 1.500 mètres un vent d'Ouest-Sud-Ouest de direction presque opposée au courant du Nord-Est existant habituellement durant ce mois à cette altitude. Vers 18 heures, le front froid passait sur Lomé, des nimbus à 200 mètres étant chassés par un courant Nord, au sol le vent tourna du Sud à l'Ouest, le passage du front fut nettement

marqué sur les courbes de pression de température et d'hygrométrie. A 19 h. 15, nouvel orage au Nord, la fréquence des éclairs étant de 2 en moyenne par seconde, quelques gouttes sur Lomé.

Vers 2 heures du matin le 25, sous un ciel entièrement couvert, le vent au sol passa de l'Ouest à 5 kilomètres heure au Sud avec une vitesse de 25 kilomètres heure, ce qui à cette époque de l'année est tout à fait anormal, alors qu'à cette même heure et sous l'influence de la brise de terre, c'est plutôt le phénomène inverse qui chaque nuit se produit, c'est-à-dire changement de vent du Sud à l'Ouest avec diminution de vitesse de l'ordre de 15 ou 10 kilomètres heure à 0-5 kilomètres heure environ. Ce phénomène exceptionnel peut s'expliquer par l'appel d'air résultant de la formation des puissants cumulo-nimbus du Nord.

Les conséquences de cette anomalie occasionnèrent une augmentation de la température et de l'humidité

NOTES ON THE

110° Gr.

# NOTES ON

—

五



# LA PERIODE DE CRACHIN EN INDOCHINE

I40

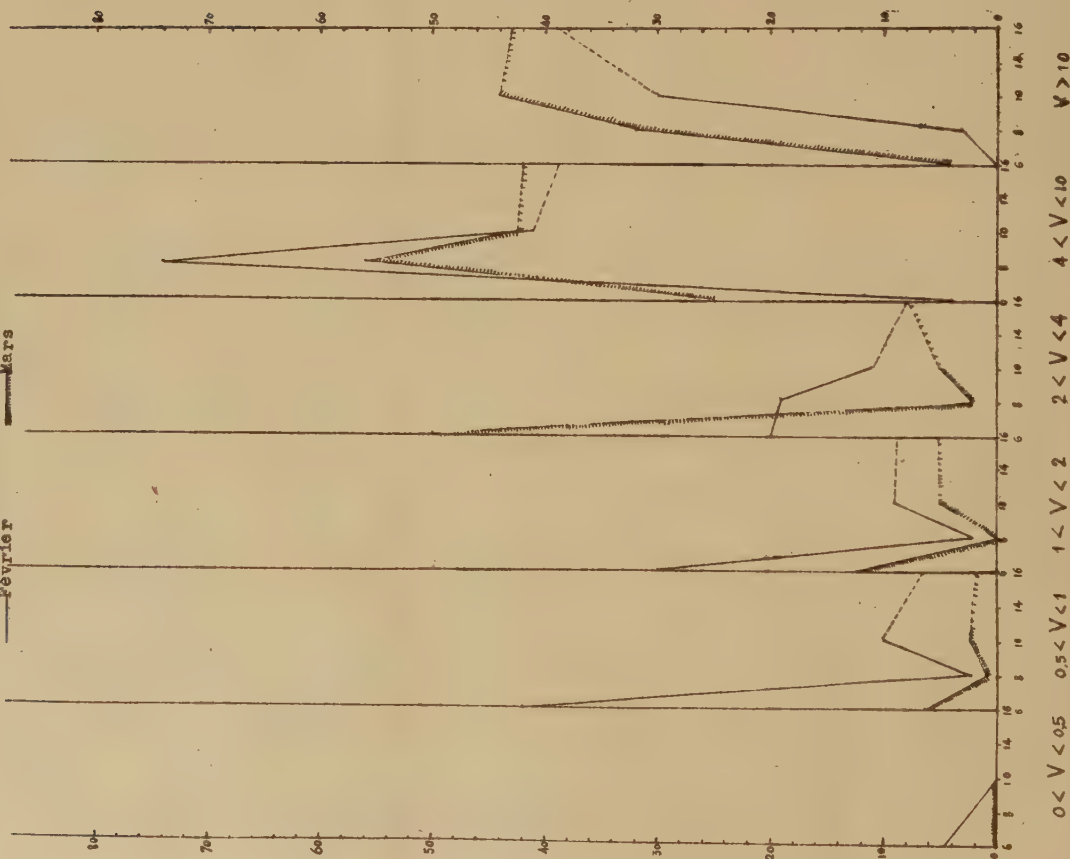
MONCAY

--

Graphique des visibilités

Février

Mars



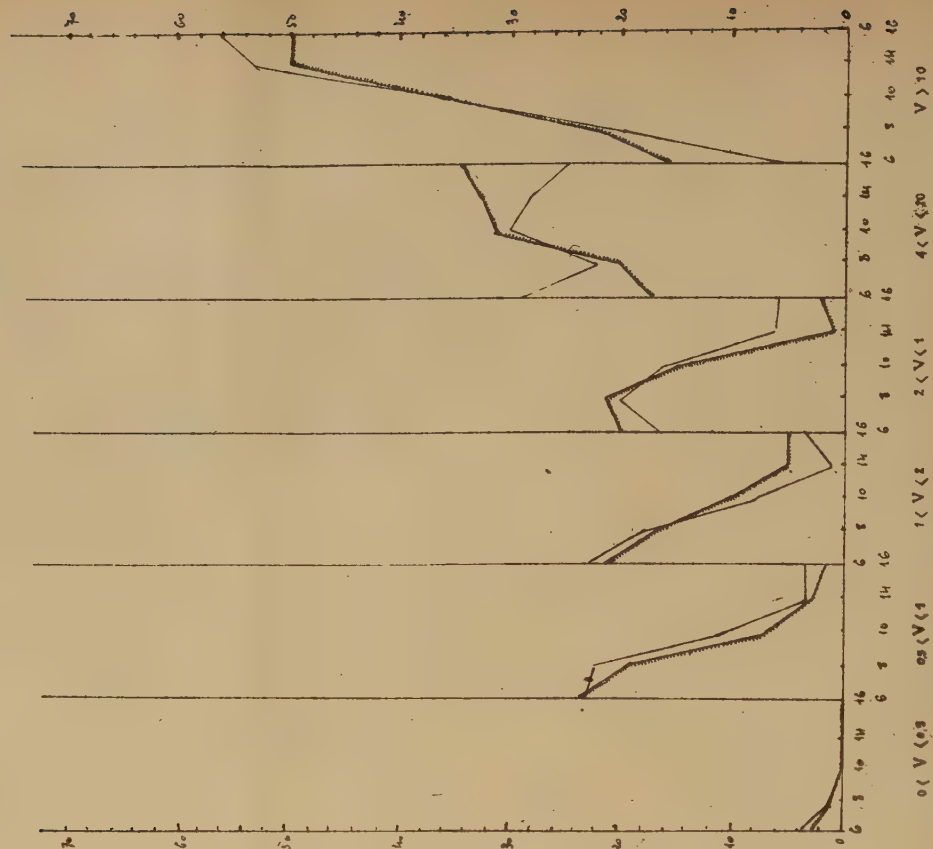
HANOI

--

Graphique des visibilités

Février

Mars



# LA PERIODE DE CRACHIN EN INDOCHINE

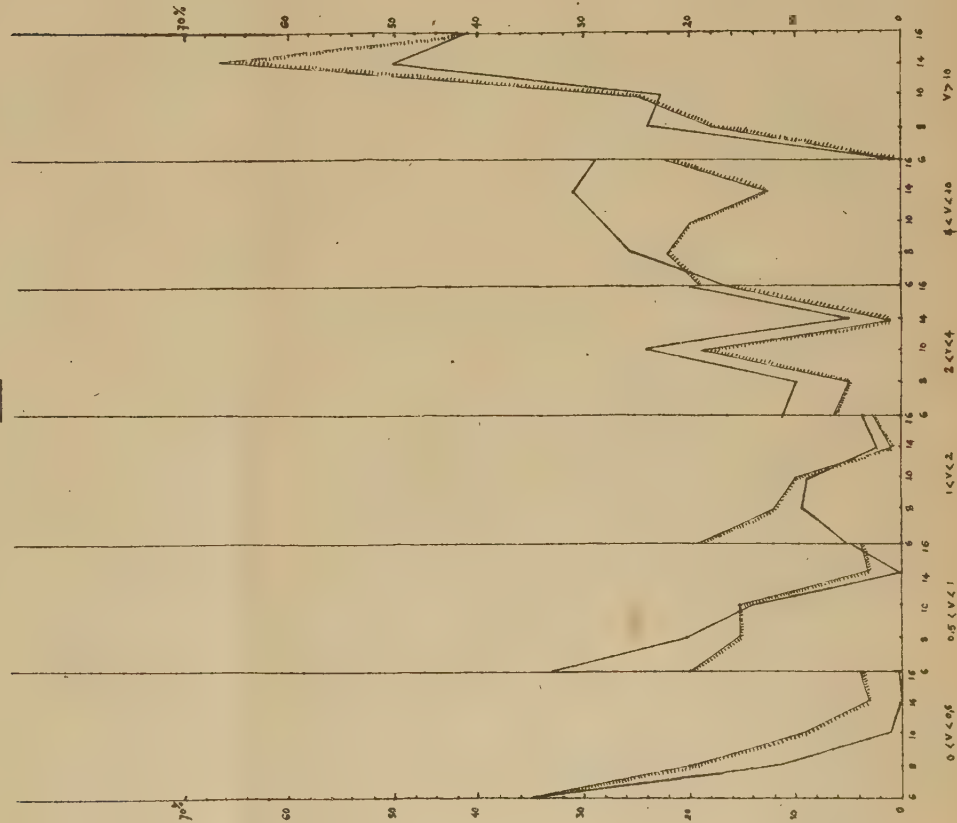
THANH-HOA

--

Graphique des visibilités

—Février

—Mars



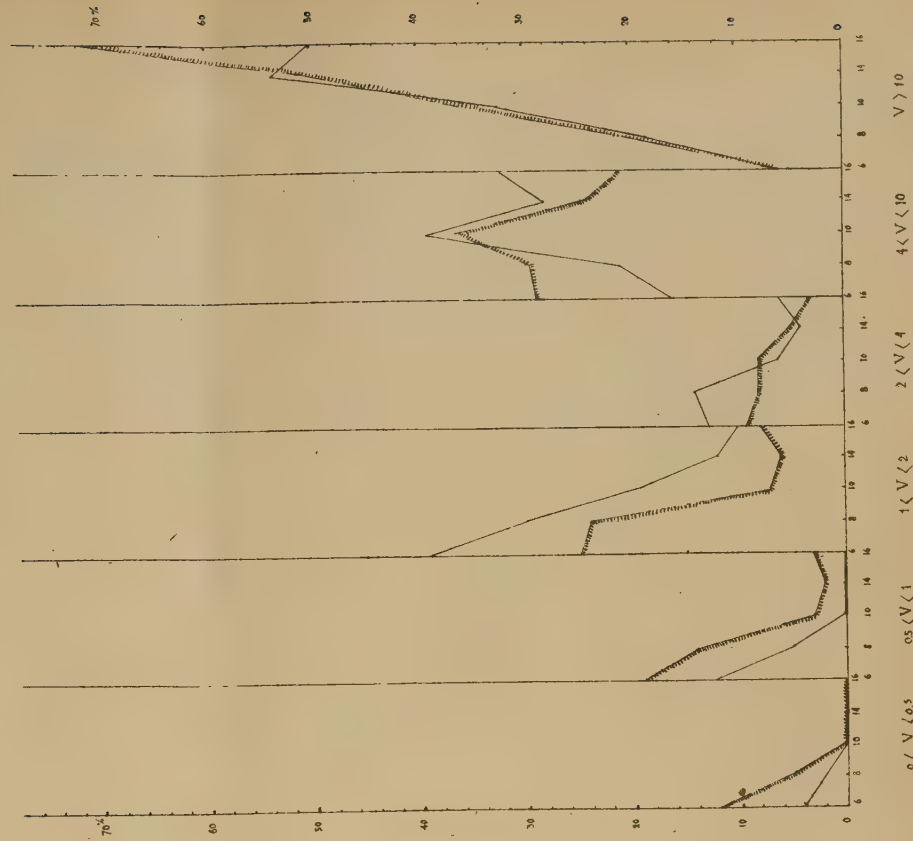
VINH

--

Graphique des visibilités

—Février

—Mars



# LA PERIODE DE CRACHIN EN INDOCHINE

I42

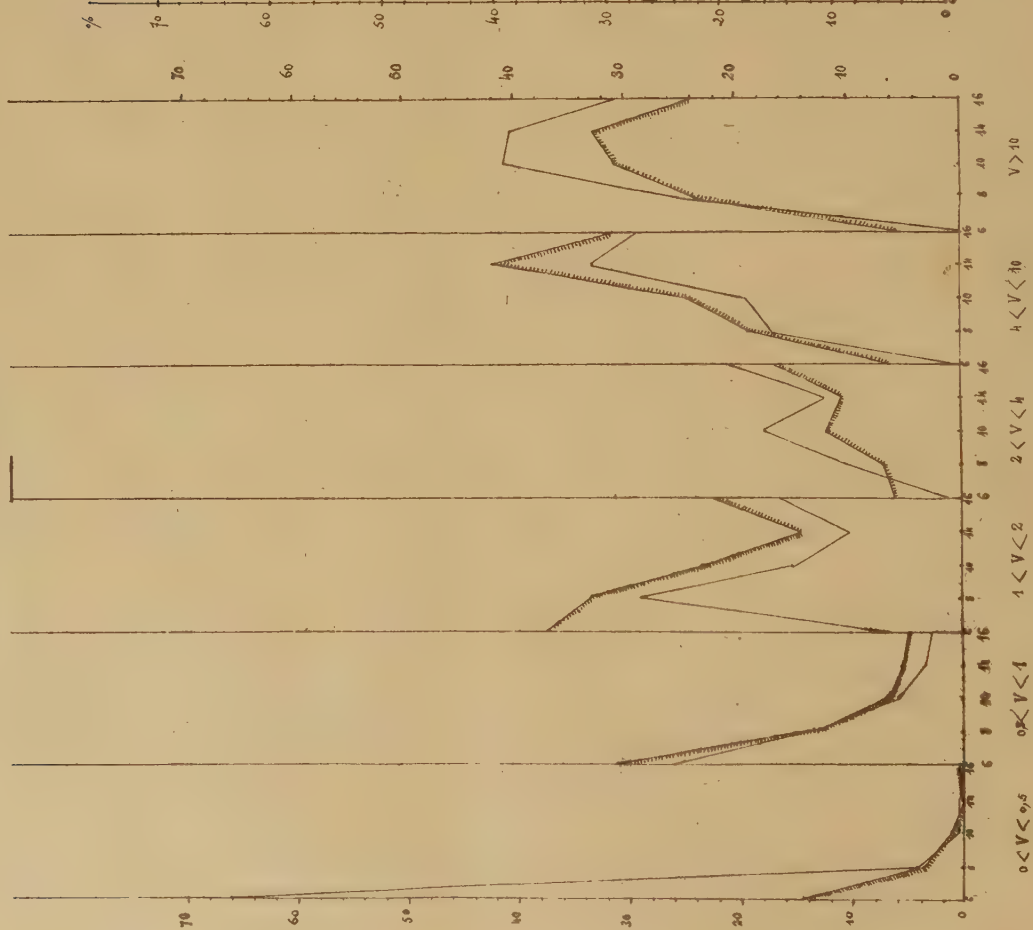
DONG-HOI

—:—

Graphique des visibilités

— Février

— Mars



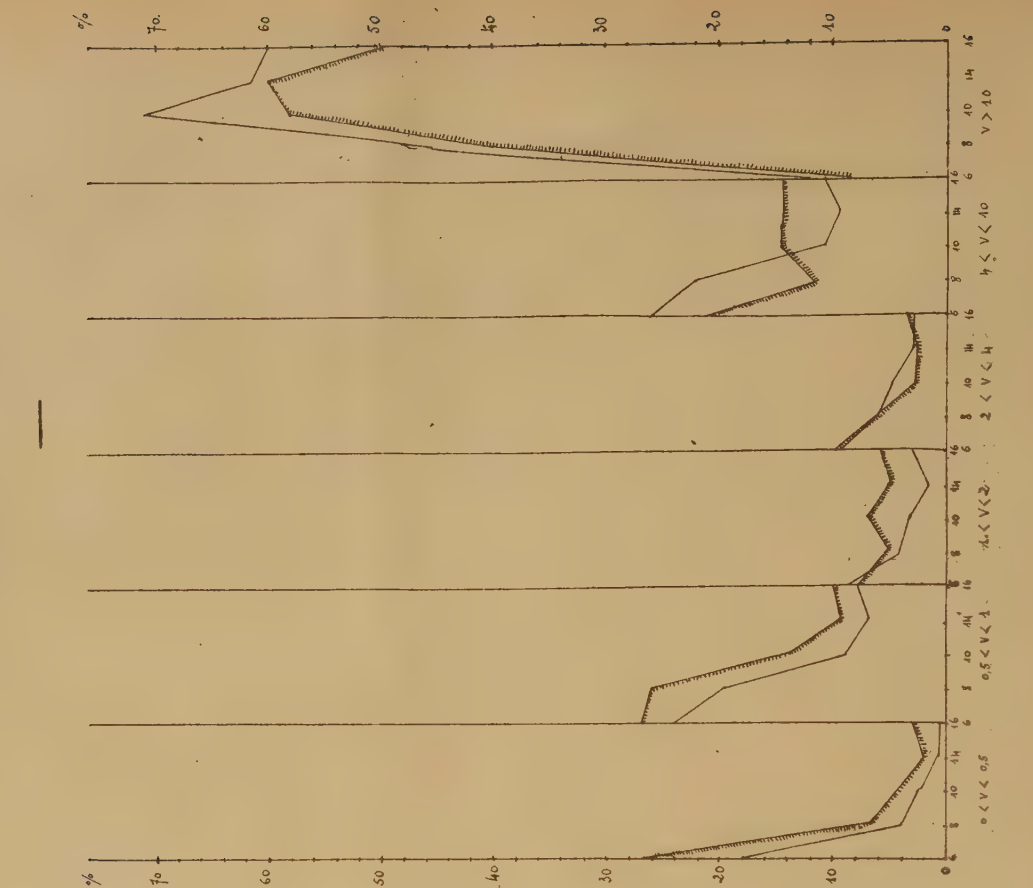
HUE

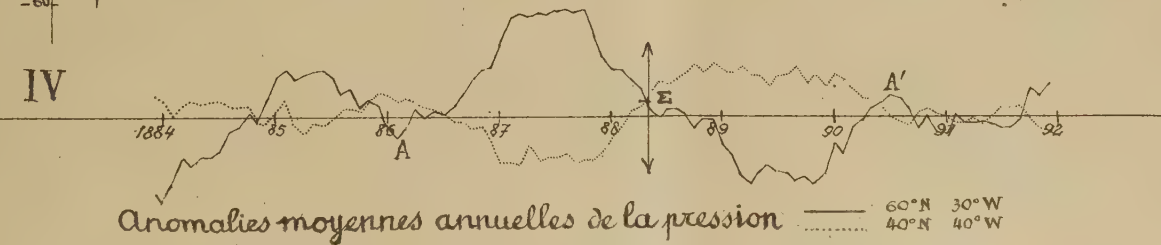
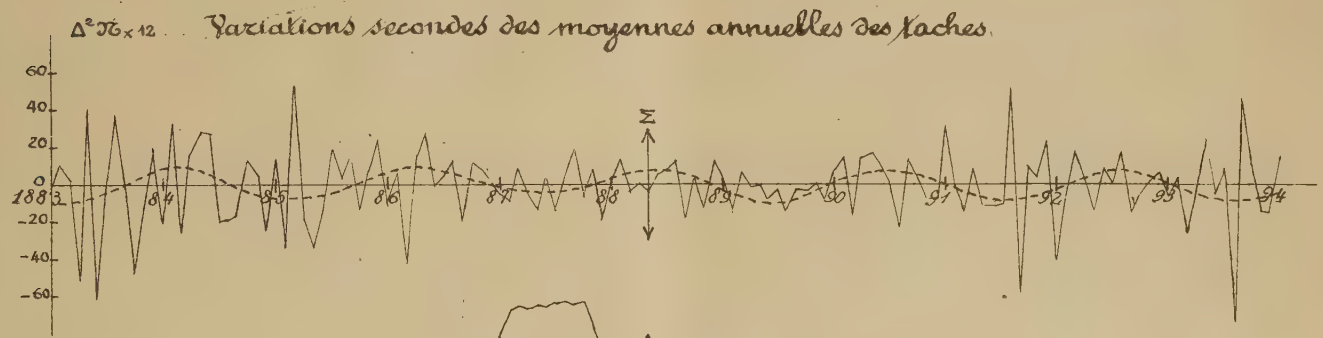
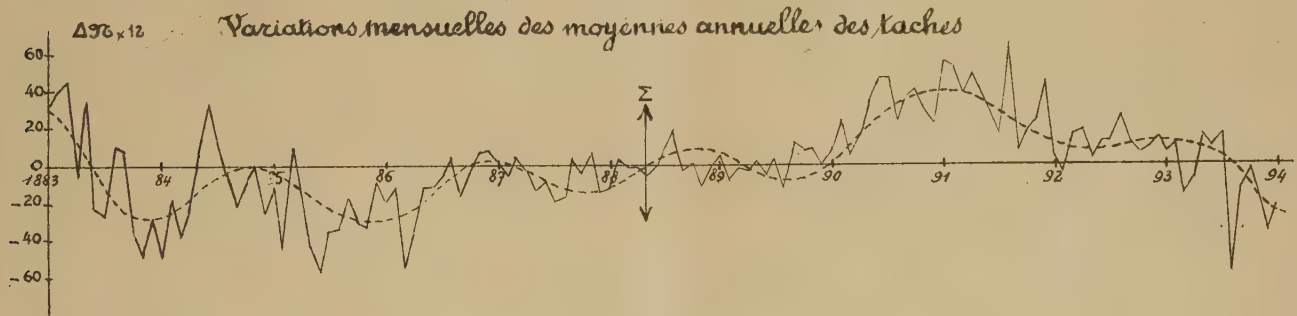
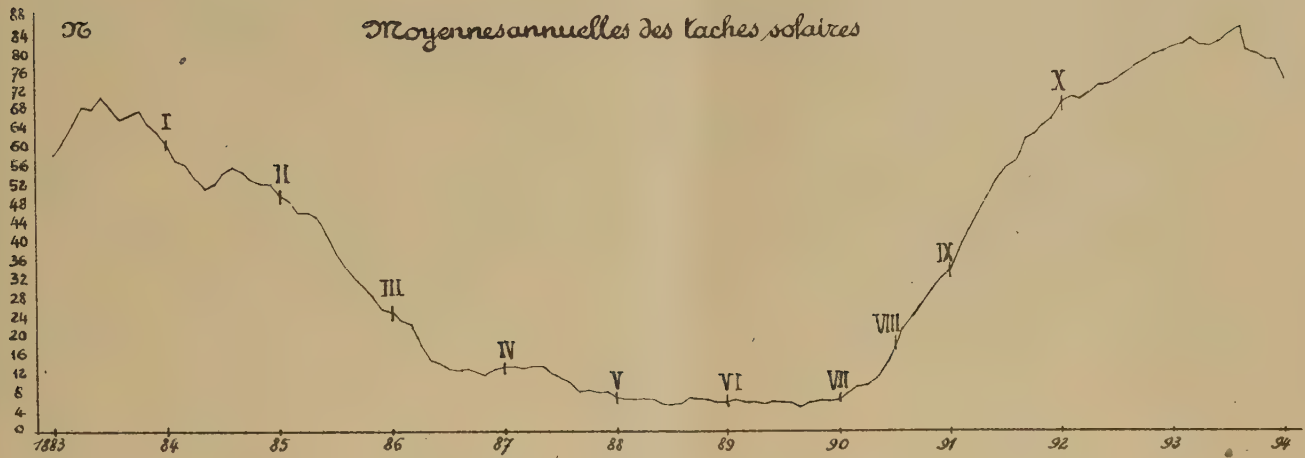
—:—

Graphique des visibilités

— Février

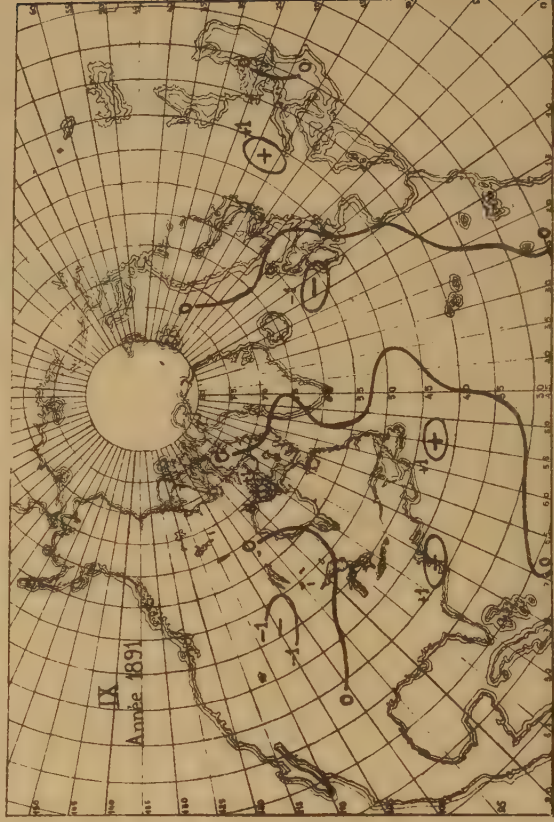
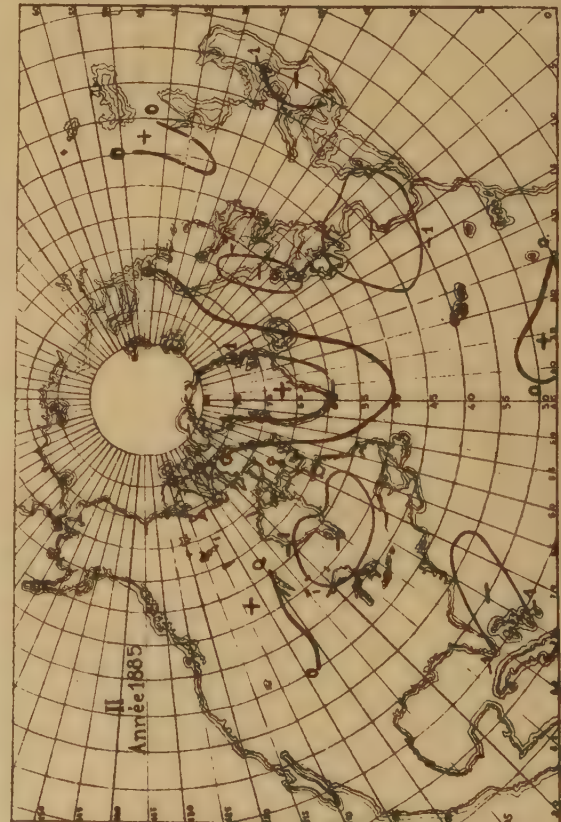
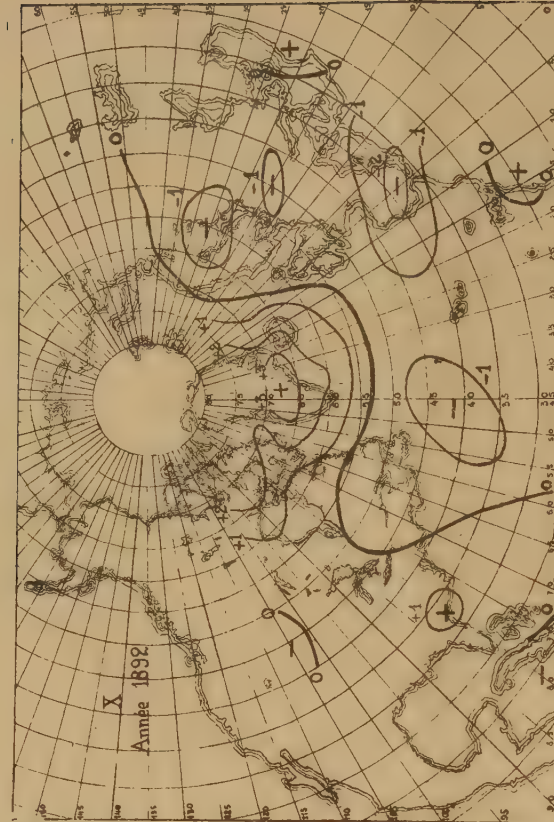
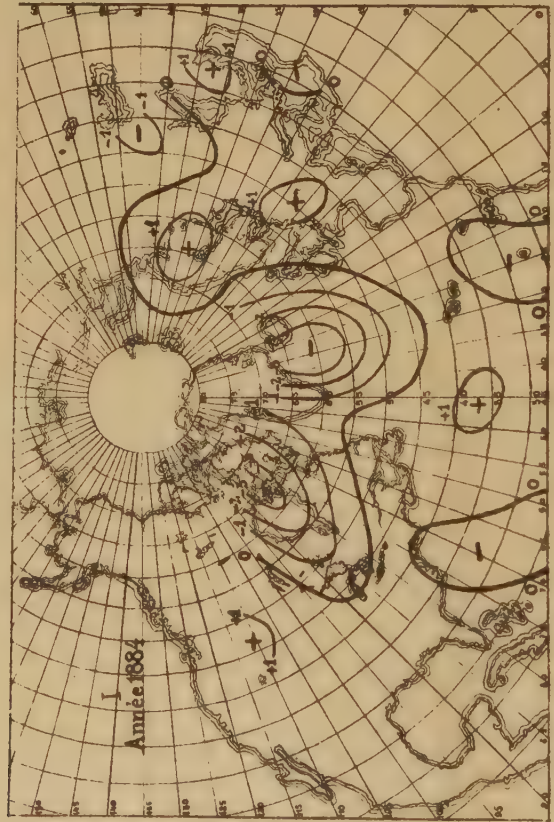
— Mars

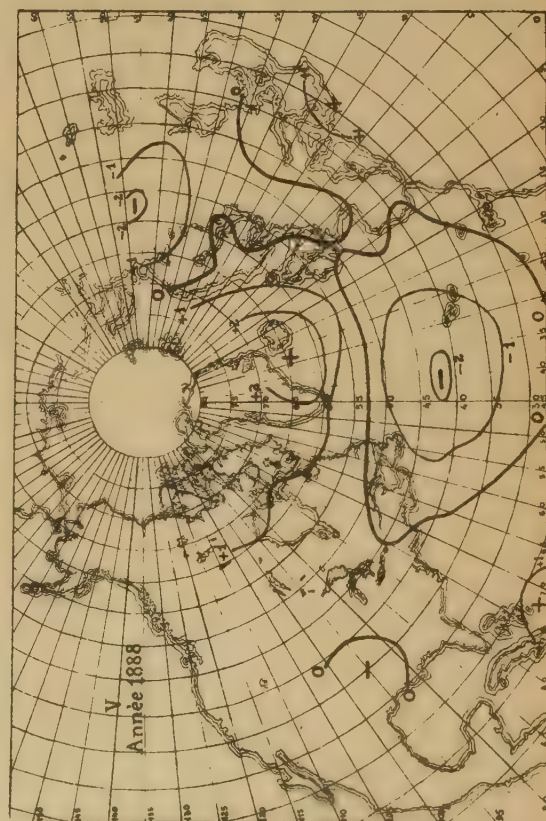
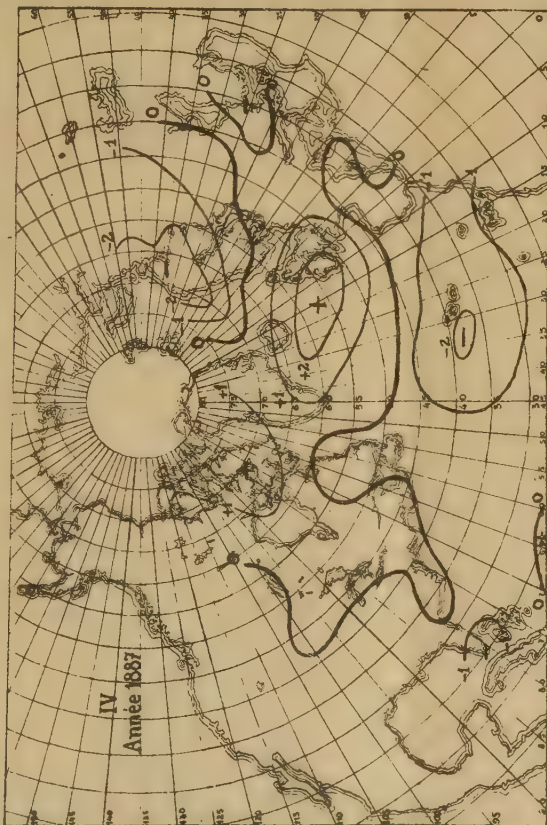
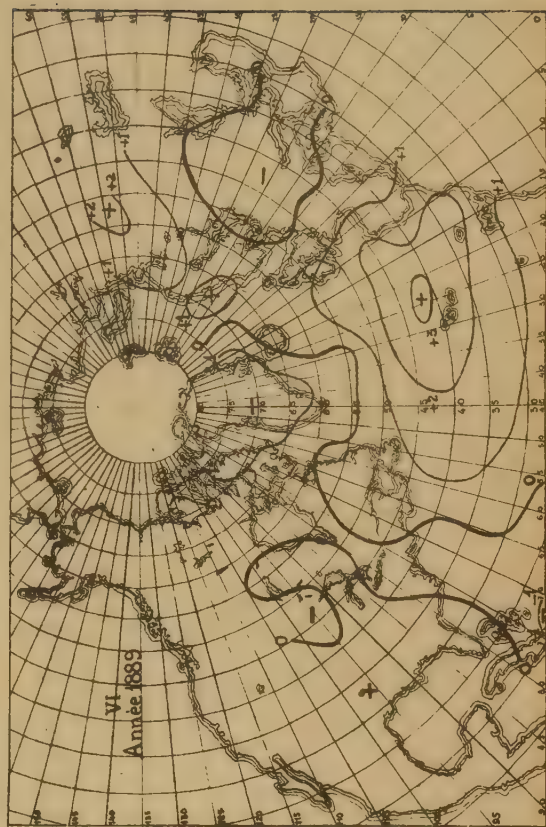
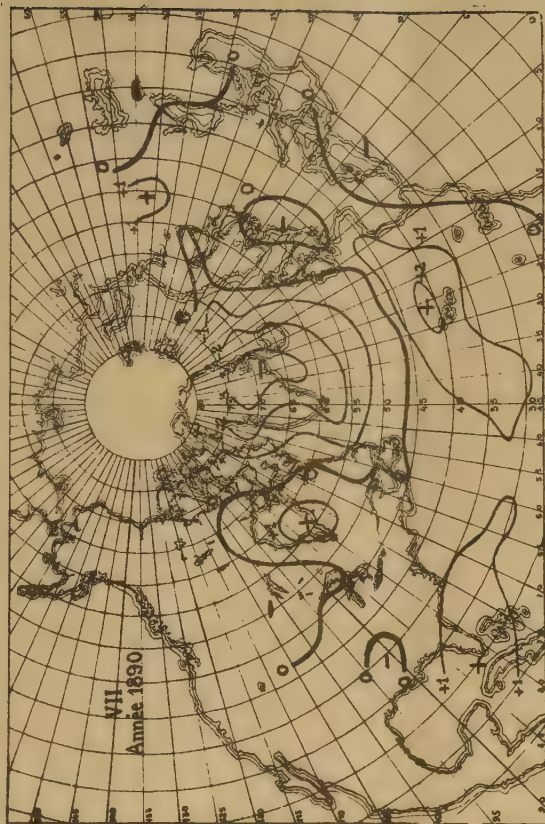
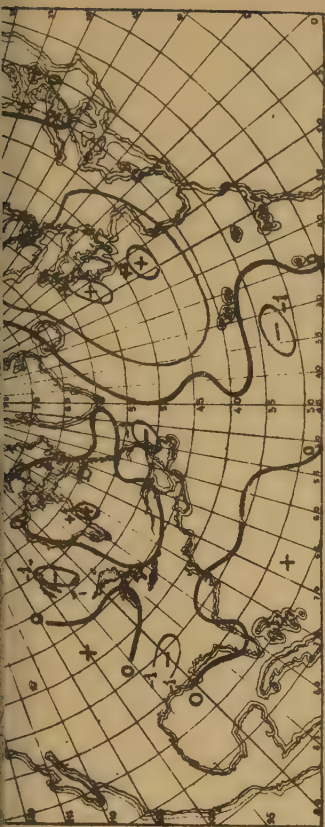




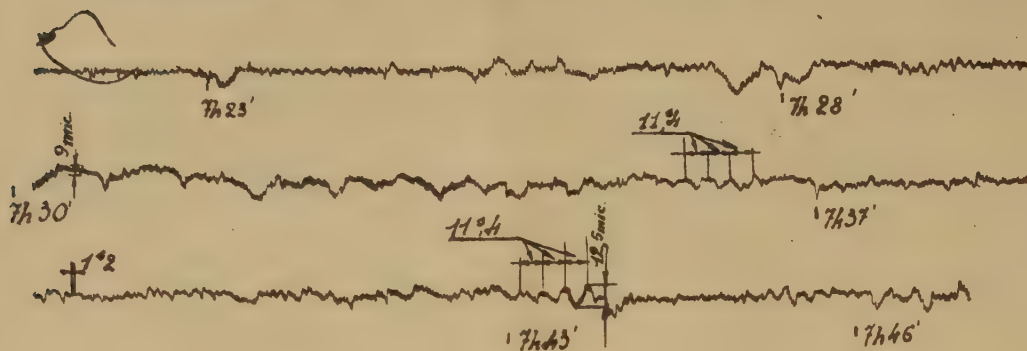
ACTIVITE ATMOSPHERIQUE ET ACTIVITE SOLAIRE

Anomalies de la pression moyenne annuelle  
(en millimètres de mercure) de 1884 à 1892



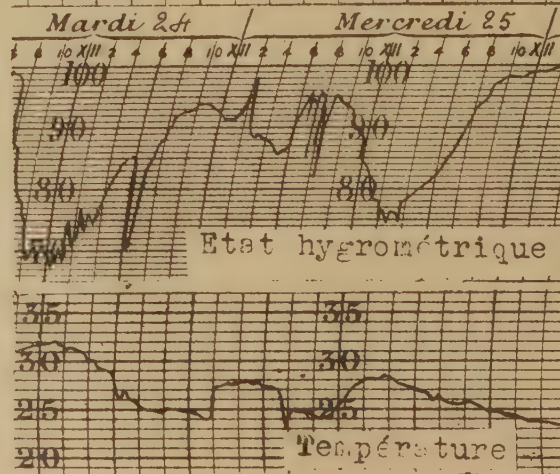
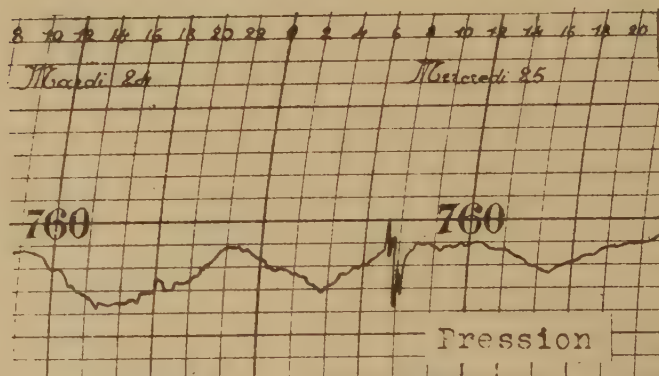
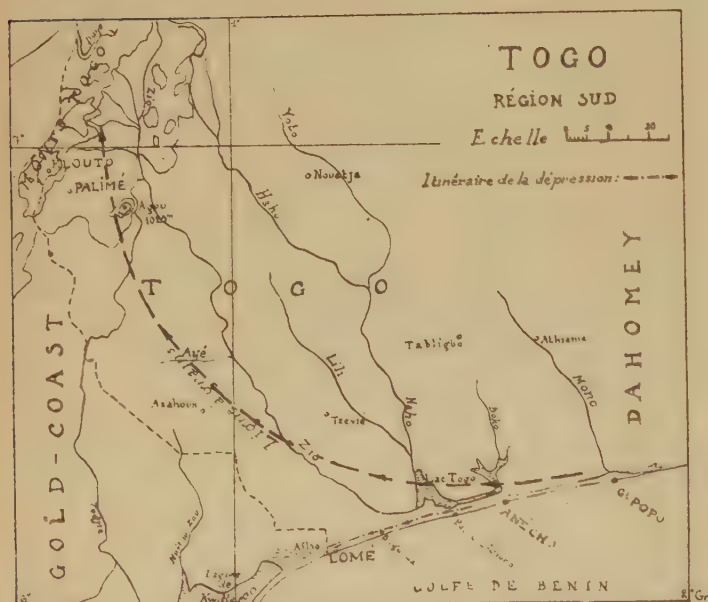


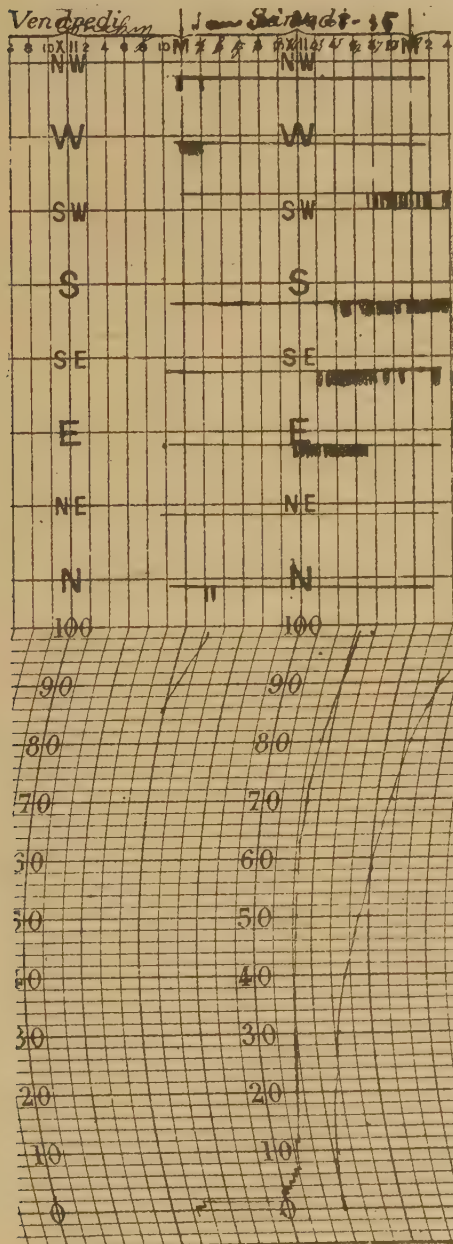
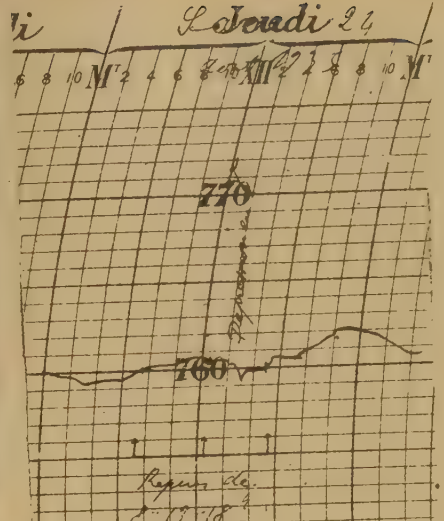
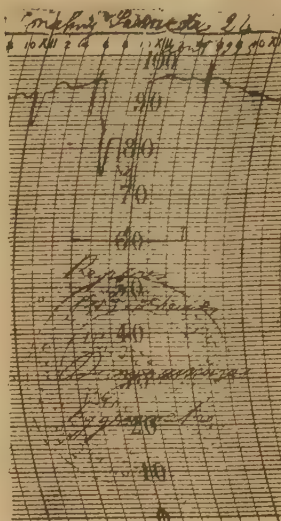
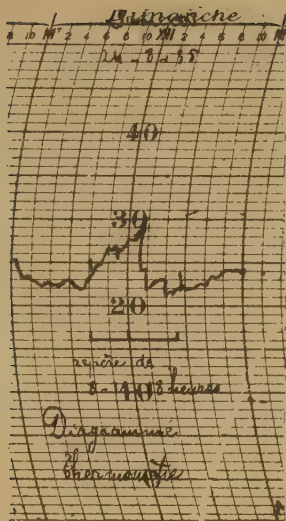
## a) Mouvement du sol

Séismogramme N.S. du 25 Mars 1936 de 7<sup>h</sup>20 à 7<sup>h</sup>50

## c) Diagrammes

## b) Itinéraire de la pression



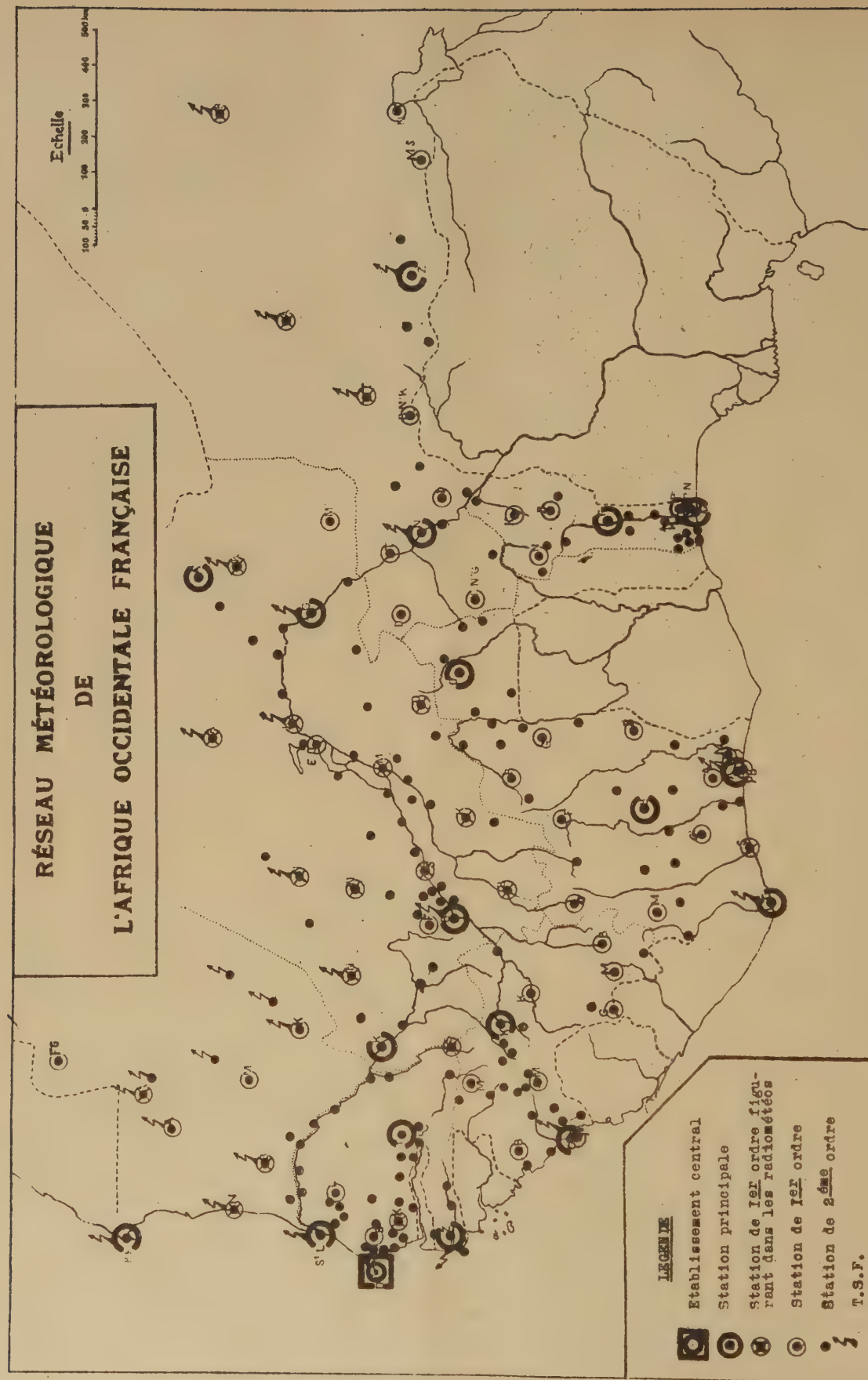


Diagrammes  
des  
Enregistreurs  
pour la  
journée du  
24 - 8 - 35



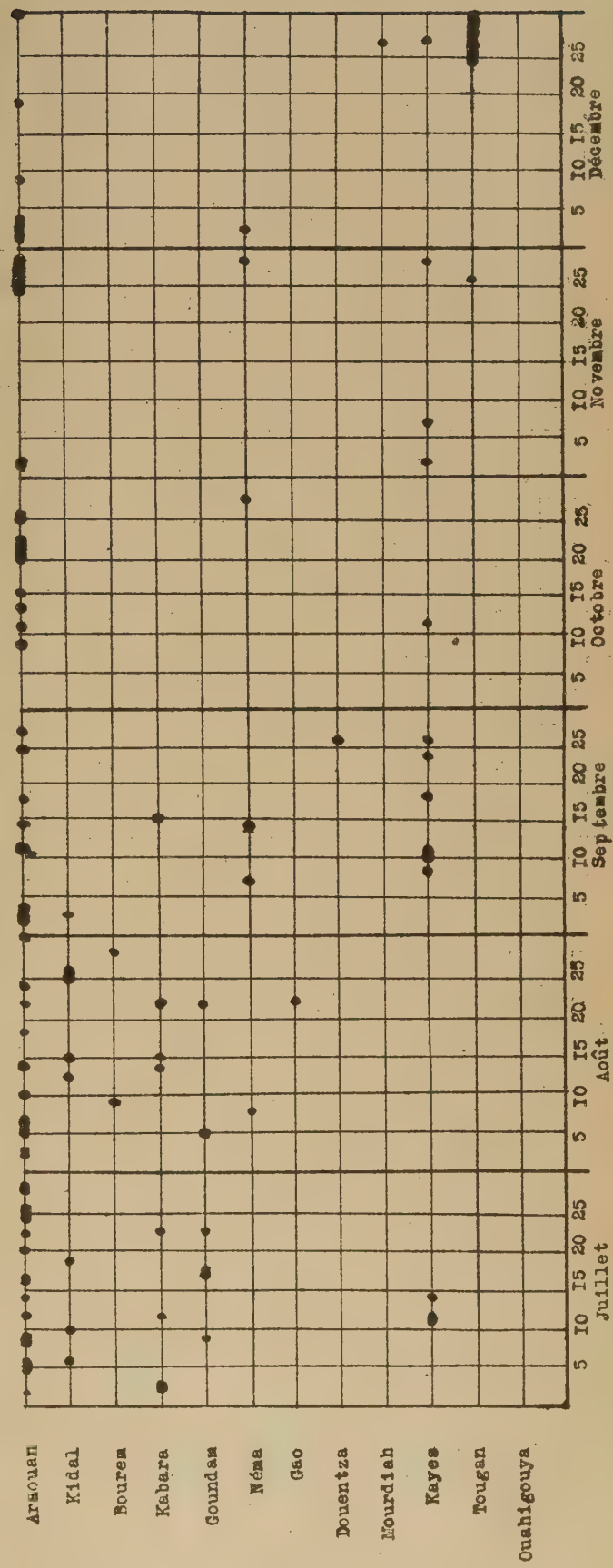
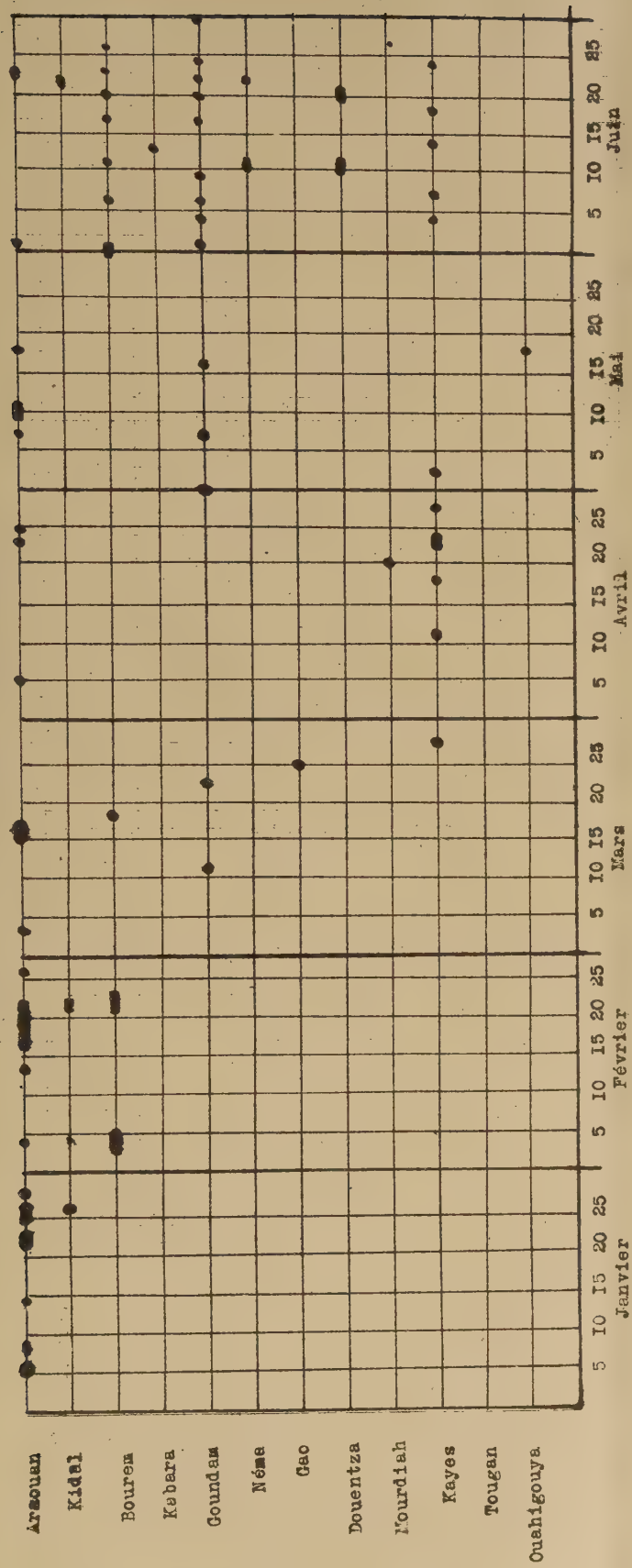
# RÉSEAU MÉTÉOROLOGIQUE DE L'AFRIQUE OCCIDENTALE FRANÇAISE

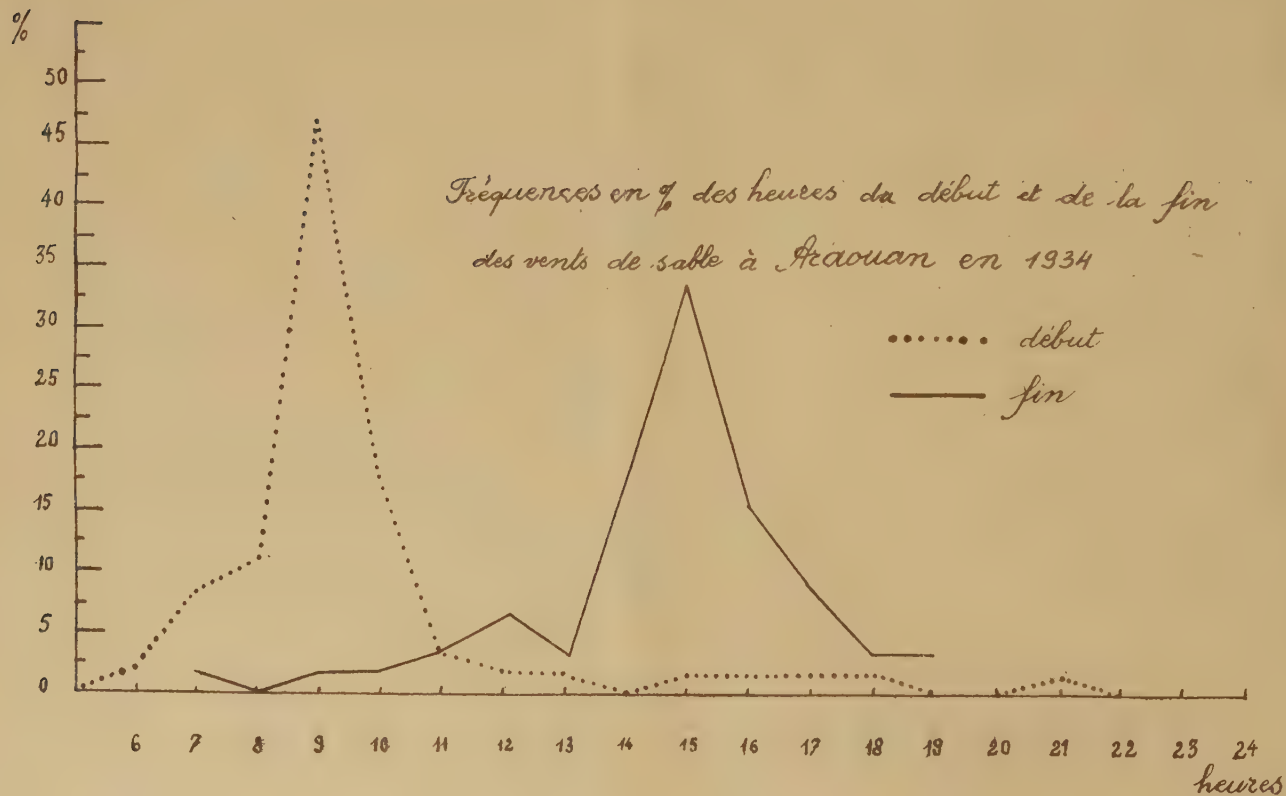
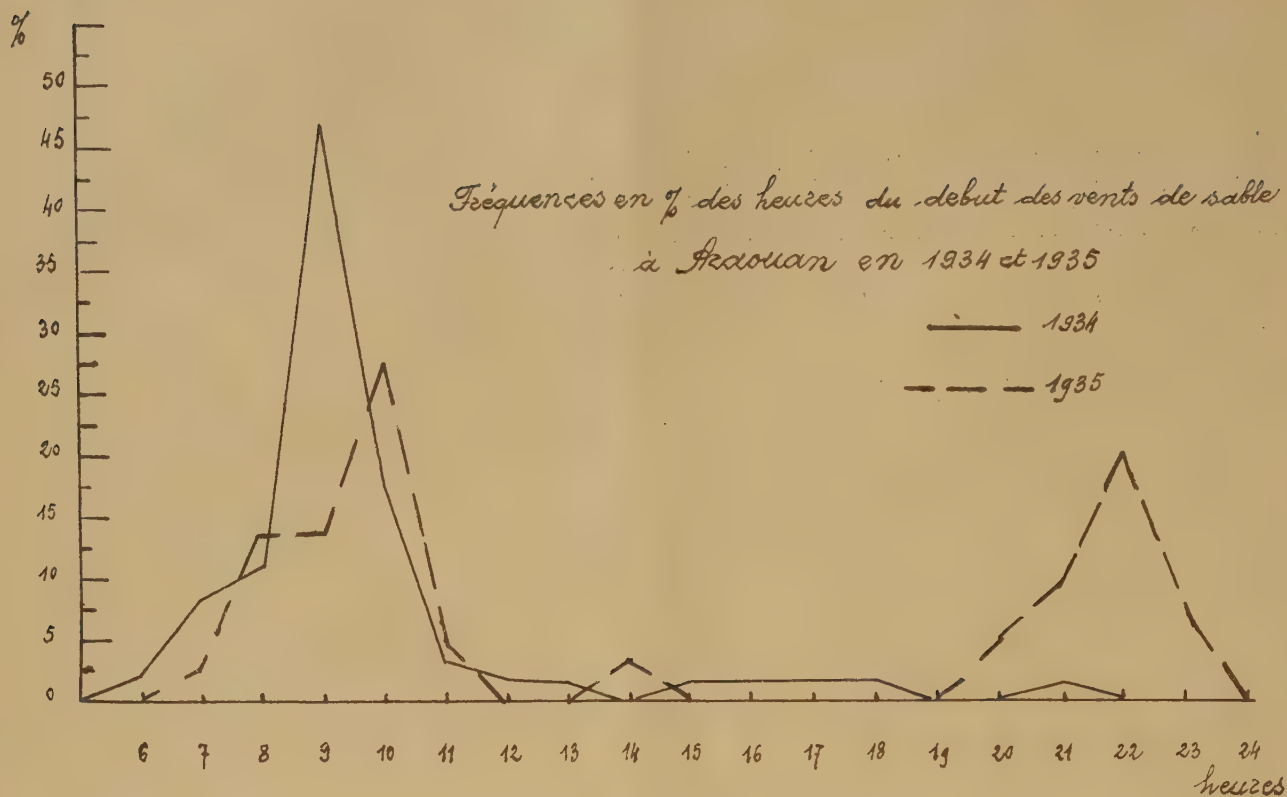
Echelle



## LEGENDE

-  Etablissement central
-  Station principale
-  Station de 1<sup>er</sup> ordre figurant dans les radiométéos
-  Station de 1<sup>er</sup> ordre
-  Station de 2<sup>ème</sup> ordre
-  T.S.F.





favorisant ainsi le développement des cumulo-nimbus vers le Sud ; c'est ainsi que vers 3 h. 30 l'itinéraire des orages du Nord se rapprocha à nouveau de Lomé. Enfin, vers 7 h. 15, après une nuit très pénible avec une température de  $27^{\circ}$  à  $28^{\circ}$ , un grain orageux assez important venant de l'Est passa sur Lomé, la pression enregistrée accusa un crochet très net en montant de  $758 \text{ m/m}$ , 6 à  $760 \text{ m/m}$ , la température une baisse de  $3^{\circ}5$  et l'hygrométrie d'assez grandes variations, le grain fut accompagné d'une assez forte pluie et d'un vent tantôt Nord-Est, Est et Sud-Est d'une vitesse moyenne de 40 kilomètres heure, il ne causa aucun dégât ; une courte accalmie suivit et c'est alors que survint la bourrasque faisant l'objet de la présente étude.

Vers 7 h. 30, la pression atmosphérique se mit à descendre brusquement de  $760 \text{ m/m}$  à  $758 \text{ m/m}$ , 4 soit  $1 \text{ m/m}$ , 6 pour remonter ensuite vers  $759 \text{ m/m}$ , 2 ; la dépression commençait à se creuser sous l'influence d'une première trombe laquelle causa des dégâts importants en plusieurs endroits de la ville située de 1.000 à 400 mètres à l'Est et Sud-Est de la station. Là où la trombe toucha le sol des pylones en ciment armé d'une section carrée de 15 centimètres de côté à leur partie supérieure furent tordus et cisailés, plus loin une maison bâtie solidement eut sa toiture enlevée et ses murs lézardés, des lignes téléphoniques chargées de nombreux fils furent entièrement coupées.

Vers 7 h. 45, le vent enregistré à la station tourna assez rapidement de l'Est au Sud et Sud-Ouest tout en conservant sa vitesse moyenne de 50 kilomètres heure, puis brusquement la trombe ou une nouvelle autre manifesta à nouveau sa présence à 400 mètres environ au sud de la station près du palais du Gouvernement, le baromètre se mit à descendre à vue d'œil de  $759 \text{ m/m}$ , 2 à  $756 \text{ m/m}$ , 2 soit  $3 \text{ m/m}$ , le style resta quelque temps au minimum de la dépression puis remonta aussi rapidement qu'il était descendu à  $757 \text{ m/m}$ , 7 soit de  $1 \text{ m/m}$ , 5.

Plusieurs nouveaux pylones électriques furent tordus de gauche à droite, c'est-à-dire dans le sens de rotation des aiguilles d'une montre ; de gros arbres furent déracinés. D'autres arbres eurent leurs troncs dégarnis entièrement de leur écorce par la foudre et sectionnés par la torsion soit à faible hauteur ou au ras du sol et projetés quelques mètres plus loin. Des tourbillons de feuilles, petites branches et débris de toutes sortes furent remarqués bien au-dessus du faite des arbres jusqu'à une hauteur de 30 à 40 mètres environ, ce qui semble prouver que le mouvement de la trombe devait posséder une composante ver-

ticale ascendante assez importante. La faible visibilité résultant de la forte pluie, des nuages assez bas et de la quantité de grands arbres situés en cet endroit n'a pas permis de constater si la trombe était surmontée ou non d'un tube nébuleux.

Peu après, vers 8 h. 15, la trombe ou une autre redescendit à nouveau sur le sol à environ une centaine de mètres à l'ouest du secteur de la précédente dans un terrain vague n'ayant aucune végétation sauf de l'herbe où le mouvement tourbillonnaire fut nettement marqué, le baromètre descendit à nouveau d'environ  $1 \text{ m/m}$  de  $757 \text{ m/m}$ , 7 à  $756 \text{ m/m}$ , 7 et remonta aussitôt vite de la même quantité.

Par la suite, la pression continua à monter mais d'une façon beaucoup plus lente sans nouvelle chute pour reprendre sensiblement sa valeur normale, soit  $759 \text{ m/m}$  vers 9 h. 15. La dépression avait duré environ trois quarts d'heure.

En dehors de Lomé et principalement dans le secteur Porto-Segouro, Baguida, il y eut des centaines de cocotiers déracinés ou brisés, en plusieurs endroits de véritables clairières prirent naissance sur des distances de 100 mètres et plus. La plupart des arbres furent entraînés et couchés sur le sol, leurs sommets dirigés vers l'Ouest ou l'Ouest-Nord-Ouest, ce qui porte à croire que les axes de rotation des mouvements tourbillonnaires durent être légèrement inclinés vers l'Ouest, direction vers laquelle s'effectua la translation des trombes.

La zone d'action des trombes comprises entre Porto-Segouro et Lomé, sorte de large bande de 100 mètres et quelquefois plus, fut sensiblement parallèle à la côte et située à quelques centaines de mètres de celle-ci. Les parties ravagées, longues de quelques dizaines à 2 ou 3 centaines de mètres au maximum, s'échelonnèrent le long de cette bande en alternant avec des parties plus ou moins intactes ayant de 100 mètres à quelques kilomètres de longueur.

A Anécho, situé à l'est de Porto-Ségouro, ainsi qu'à Aflao, petit village de pêcheurs, à l'ouest de Lomé, à la frontière de la Gold Coast et du Togo, rien n'a été remarqué en dehors du grain orageux et de la pluie.

En mer, sous la poussée d'un fort vent du Sud, une grosse houle se forma, certaines vagues de 3 à 4 mètres d'amplitude déferlèrent sur la plage en dépassant de quelques dizaines de mètres en plusieurs points et notamment à Lomé, la limite habituelle du rivage battue par les plus grosses mers à marée haute. Il n'y a pas eu à proprement parler d'envahissement du littoral.

Les chocs dus à l'écrasement des fortes lames sur le rivage ainsi que ceux résultant des bonds successifs

des trombes sur le sol, occasionnèrent une assez forte agitation du sol, d'intensité variable et représentée sur les seismogrammes par une suite d'ondes irrégulières dont les amplitudes maxima coïncidèrent avec les brusques chutes de pression. Quelques-unes de ces amplitudes atteignirent 12,5 microns avec une période de 11''4 sur l'enregistrement de la composante Nord-Sud.

Le mouvement microseismique ordinaire augmenta également d'intensité avec des amplitudes maxima de l'ordre de 9 microns pour la composante Nord-Sud et 6 microns pour la composante Est-Ouest (1), la période moyenne étant de 1 seconde à 1''2, c'est-à-dire bien inférieur à la normale laquelle est d'environ 3 secondes.

Au cours de cette même journée, vers 14 h. 35, un grain orageux d'une extrême violence, accompagné de chutes de grêlons assez gros, détruisa la région d'Atakpamé, il n'y eut pas de trombes mais sous la force du vent du Nord, des arbres furent également déracinés, des toitures enlevées, etc. Les enregistre-

(1) L'amplitude moyenne du mouvement microseismique à Lomé est de 4 microns.

ments de la pression, température et hygrométrie, accusèrent de beaux crochets, notamment celui de la température avec une baisse de 13°.

Les dépressions analogues à celle décrite ci-dessus, accompagnées ou non de trombes, semblent être assez rares sur la côte de Guinée. La même constatation a été faite par M. Hubert au cours de son long séjour en A. O. F.

#### BIBLIOGRAPHIE

*Etudes élémentaires de Météorologie pratique*, par A. BALDIT. Paris, Gauthier-Villars, 1923.

*La Prévision du temps en agriculture*, par J. SANSON. Paris, J. B. Baillièrre et Fils, 1925.

*Nouvelles études sur la météorologie de l'A. O. F.*, par H. HUBERT, Paris, Librairie Larose, 1926.

*Traité élémentaire de météorologie*, par A. ANGOT. Paris, Gauthier-Villars, 1928.

J. CARON,

*Ingénieur-météorologiste des Colonies*  
Lomé (Togo).

## Sur une perturbation du type cyclonique survenue à Conakry le 24 août 1935

### *Caractères généraux du temps avant la perturbation.*

— Pendant tout le mois d'août, on avait eu au sol comme vent dominant la mousson avec comme direction principales : S.-W., S. et plus rarement S.-E. On n'avait pas noté de vent d'Est au sol (sauf les 19 et 20 sous la mousson : il s'agissait alors de la brise de terre).

Le début du mois avait été particulièrement pluvieux (1 au 9 avec mousson du S.-W. ; puis jusqu'au 22 où la mousson souffla assez fréquemment du S. au S.-E. ; nuages bas en proportion beaucoup plus faible, le ciel restant généralement couvert (alto-cumulus dominant) sauf quelques éclaircies l'après-midi.

Le 22, vent de l'W. au S.-W. et ciel clair à demi-couvert le soir. Le matin du 23, ciel clair avec, au sol et en altitude jusqu'à 1500 mètres, vent du N. à N.-W. surmonté de vent d'Est (1). Le sondage

(1) Tous les sondages cités dans la présente note ont été effectués soit avec des ballons de 9 grammes, soit avec des ballons de 55 grammes (force ascensionnelle 197, pour une vitesse de 200 mètres minute).

de l'après-midi révèle l'alizé au-dessus de la mousson (celle-ci ayant quelques centaines de mètres d'épaisseur et de direction moyenne Ouest), et à partir de 2.000 mètres l'harmattan

De nuit, éclairs au loin dans le secteur Est (en direction du continent ; orage à Kouroussa et diverses autres localités de l'intérieur), coups de vent d'Ouest (4-6 mètres seconde) par instants et plaques de nimbus venant de l'Ouest : cela jusqu'à 24 heures. Ensuite, calme au sol jusqu'à l'aube ou vent d'Est faible.

Deux sondages effectués à 7 heures et 9 h. 30 T. M. G. (interrompus par des fracto-stratus) décèlent en hauteur l'harmattan d'Est (4 m/s à la base, 6 m/s vers 2.000 mètres). On a un ciel couvert d'alto-cumulus et de cirro-stratus (à l'aube, nimbus élevés à 1.200-1.500 mètres qui ne tardent pas à disparaître). A 12 heures, des nimbus venant de l'Est, qui deviennent de plus en plus abondants et recouvrent le ciel à 13 heures cependant qu'au sol le vent Est passe de 2 ou 3 mètres seconde à 6 à 10 mètres et souffle par rafales. Pluie faible tout d'abord, puis

de plus en plus dense, poussée par des rafales de vent d'Est. La courbe du baromètre enregistreur reste horizontale et bien que vers 14 heures la pluie cesse pour reprendre faible d'abord puis de plus en plus forte vers 15 heures, le vent continue à souffler avec violence et une vitesse croissante (entre 15 et 16 heures, on a noté des rafales faisant 16 m/s. mais il est probable qu'il y a eu des rafales de 20 m/s et peut-être davantage). La période paroxysmale se produit un peu avant seize heures, cependant que, par instant, la pluie redouble. A 150 mètres environ, nimbus filant très rapidement poussés par le vent d'Est qui tourne peu à peu cependant que sa vitesse diminue au S. E. et au Sud.

Jusqu'à 15 h. 30, la courbe barométrique reste horizontale; ce n'est qu'à ce moment qu'il y a une baisse rapide d'un mm. environ, puis remontée d'égale valeur à mesure que la vitesse du vent diminue. De nuit, maximum de pression très élevé. Les diagrammes de température montrent une baisse

rapide, puis une légère hausse quand la pluie cesse, puis à nouveau baisse (première baisse : 5°; deuxième baisse : 2°5). Hausse brusque de l'état hygrométrique (22%) avec la première pluie; faible inflexions ensuite (Voir p. 147).

*Dégâts.* — Arbres arrachés dans les avenues de la ville (surtout manguiers; quelques très grands palmiers renversés).

*Fréquence.* — C'est la première fois depuis 1932 que l'on constate une perturbation de ce genre (aucun renseignement pour les périodes antérieures), la perturbation habituelle étant le grain qui, pour se produire, eût nécessité la présence de la mousson au sol. On n'a pas encore de renseignements précis sur la zone, probablement côtière, affectée par ce phénomène.

HOBENICHE,

*Ingénieur-météorologiste des Colonies.  
Conakry (Guinée Française).*

## Le réseau météorologique de l'A. O. F.

Comme suite à diverses réorganisations administratives opérées en Afrique Occidentale Française, le réseau météorologique de cette Fédération a été reconstitué de la manière suivante (voir carte p. 148) :

### 19 Stations principales

#### *Mauritanie*

Port-Etienne.

#### *Circonscription de Dakar*

Dakar.

#### *Sénégal*

Saint-Louis, Tambacounda, Ziguinchor.

#### *Guinée*

Conakry, Kouroussa.

#### *Côte d'Ivoire*

Abidjan, Bouaké, Ouagadougou, Tabou.

#### *Dahomey*

Cotonou, Tchaourou.

#### *Soudan*

Aguelock, Bamako, Gao, Kayes.

#### *Niger*

Niamey, Zinder.

### 58 Stations de 1<sup>er</sup> ordre

#### *Mauritanie*

Akjoujt, Atar, Boutilimit, Fort-Gouraud, Kiffa, Moudjéria, Nouakchott.

#### *Sénégal*

Bambey, Kaolack, Lyngère.

#### *Guinée*

Beyla, Boké, Guéckédou, Macenta, Mali, Mamou, Tamara.

#### *Côte d'Ivoire*

Agboville, Bobo-Dioulasso, Bondoukou, Ferkes-sédougou, Gagnoa, Gaoua, La Mé, Man, Odienné, Port-Bouët, Sassandra.

*Dahomey*

Bembéréké, Kandi, Natitingou, Pobé, Porto-Novo.

*Soudan*

Araouan, Bougouni, El-Oualadji, Faladié, Kabara, Kidal, Koutiala, Ménaka, Mopti, Nara, Néma, Nioro, Ouahigouya, Satadougou, Ségou.

*Niger*

Agadez, Bilma, Birni-N'Koni, Dori, Desso, Fada-N'Gourma, N'Guigmi, Tahoua, Tillabéry, Mainé-Soroa.

**140 Stations de 2<sup>e</sup> ordre***Mauritanie*

Aleg, Boghé, Chinguetti, Kaédi, Méderdra, Tamchakett, Tichitt, Tidjikja.

*Sénégal*

Bakel, Coki, Dagana, Dara, Dialacoto, Diourbel, Fatick, Foundiougne, Guénoto, Kafrine, Kartiack, Kédougou, Kidira, Kolda, Kounghoul, Louga, Maka, Malème, Matam, M'Baké, M'Bour, Nioro, Oussouye, Podor, Rufisque, Sédhiou, Thiès, Tivaouane, Yang-Yang.

*Circonscription de Dakar*

M'Bao.

*Guinée*

Bissikrima, Boffa, Dabola, Dalaba, Dubréka, Faranah, Forécariah, Gawal, Kankan, Kindia, Kissidougou, Labé, N'Zérékoré, Pita, Siguiri, Téli-mélé, Tolo, Tougué, Victoria, Youkoumkoum.

*Côte d'Ivoire*

Abengourou, Aboisso, Banfora, Boromo, Bouaflé, Bouna, Boundiali, Dabakala, Daloa, Dédougou, Diébougou, Dimbokro, Grand-Lahou, Guiglo, Houndé, Kaya, Koudougou, Koupéla, Léo, Séguéla, Tenkodogo, Tiassalé, Toulepleu.

*Dahomey*

Abomey, Adjohon, Allada, Athiémé, Bopa, Boukombé, Djougou, Grand-Popo, Guenné, Kouandé, Nikki, Ouidah, Parahoué, Sakété, Savalou, Savé, Zagnanado.

*Soudan*

Ansongo, Asselaw, Bafoulabé, Bamba, Banamba, Bandiagara, Barouéli, Bourem, Dia, Djenné, Douentza, Goundam, Gourma-Rharous, Hombori, Ké-Macina, Kita, Kolokani, Koulikoro, Marzafal, Mourdiah, Nyamina, Niafouké, Niènébalé, Oualata, San, Sansanding, Saraféré, Sikasso, Sofara, Sokolo, Timbédra, Tougan, Toukoto, Yélimané.

*Niger*

Diapaga, Dogondoutchi, Filingué, Gaya, Gouré, Maradi, Say, Tessaoua.

## Les vents du sable au Soudan

Pour l'année 1934, nous avons relevé tous les vents de sable que les observateurs ont notés. Le nombre obtenu est loin de la réalité. En effet, certaines stations, comme Araouan, notent tous les vents de sable, d'autres les inscrivent en partie ou pas du tout. Dans ces conditions nous sommes loin du nombre réel des vents de sable qui ont eu lieu au Soudan en 1934.

Malgré ce nombre relativement faible nous avons pu tirer quelques conclusions.

Les vents de sable augmentent avec la latitude. S'ils sont pratiquement inexistantes au parallèle de Bamako ils atteignent le nombre de 97 à Araouan. Ils se produisent donc entièrement dans le climat

sahélien et dans la limite Nord du climat soudanien.

La répartition annuelle ressort du tableau de la page 149. Ce dernier donne la date de chaque vent de sable qui a été noté au courant de 1934.

A Araouan, la répartition annuelle est la suivante :

| J  | F  | M | A | M | J | J  | A  | S | O  | N | D |
|----|----|---|---|---|---|----|----|---|----|---|---|
| 11 | 10 | 4 | 3 | 5 | 3 | 17 | 11 | 8 | 10 | 8 | 7 |

Les vents de sable se produisent donc dans cette station pendant toute l'année. Ils sont sensiblement réguliers : un jour sur quatre, d'août à février ; un jour sur huit, de mai à juin ; et en juillet, plus d'un jour sur deux.

Comment expliquer cette répartition annuelle. Il

semble qu'il faille faire des recherches du côté de la vitesse du vent. Dès que ce dernier souffle à plus de 4 mètres à la seconde nous avons, la plupart du temps, soulèvement de sable. C'est le cas si les vents du Nord-Est (probablement alizés) soufflent avec assez de force, ce qui a lieu jusqu'au mois de mars. Ensuite les vents sont relativement faibles à Araouan jusqu'au moment où la mousson (vent du secteur Sud) s'installe régulièrement. Ce dernier fait expliquerait la recrudescence brusque des vents de sable en juillet.

Pour les mois qui suivent les vents de sable sont tantôt produits par un vent, du Nord-Est, tantôt par un vent des secteurs Sud. Mais dès le mois d'octobre ce sont les vents du Nord-Est qui en sont de nouveau la cause.

Nous venons de voir la répartition annuelle des vents du sable dans l'extrême Nord du Soudan.

Pour les stations plus au Sud la répartition est différente. Si nous regardons le tableau ci-joint, nous remarquons que les vents de sable commencent à Kayes dès le mois d'avril et continuent jusqu'à la mi-juillet. Ils se produisent pendant les mois les plus chauds.

Nous avons, dès juin, une forte recrudescence des vents de sable dans la plupart des stations. Ceux-ci sont dus surtout aux grains secs, ou qui précèdent la pluie, au moment du début de la mauvaise saison.

La fréquence de ces vents de sable diminue d'ailleurs dès la fin de juin, mais ils se montrent pendant toute la saison des grains.

En dehors de la saison des grains, les vents de sable sont inexistantes dans la plupart des stations au Sud de la boucle du Niger.

Comme conclusion nous voyons que si dans le Nord les vents de sable se produisent pendant toute l'année ils ne se produisent ailleurs que pendant la saison des grains.

Les heures du début des vents de sable sont irrégulières dans les régions Sud mais à Araouan elles sont, au contraire, assez régulières. Entre 8 et 10 heures se produisent 74% des débuts des vents de sable, et plus spécialement aux environs de 9 heures, 47%.

La fin des vents de sable se place aux environs de 15 heures, 32%.

Les graphiques de la page 150 montrent ces répartitions.

Nous voyons donc que les vents de sable à Araouan soufflent dans la plupart des cas de 9 heures à 15 heures. On peut se demander pourquoi ces heures. L'explication est simple. Un fait bien connu est que le vent (surtout l'alizé) a une vitesse plus grande

pendant la journée (heures chaudes) que pendant la nuit et le matin. Il suffit donc souvent d'une légère augmentation de la vitesse du vent pour atteindre plus de 4 mètres et produire un soulèvement de sable.

Au point de vue de la température les vents de sable ont la plupart du temps pour effet un abaissement des maxima. Ceci s'explique par le fait que les poussières forment écran aux rayons du soleil.

Sur l'hygrométrie les vents de sable ne semblent pas avoir d'effet. Il est regrettable que les diagrammes des enregistreurs n'aient pu être étudiés pour le présent travail.

La visibilité se maintient, en général, pendant les vents de sable, aux environs de 2 à 4 kilomètres, mais elle peut descendre beaucoup plus bas, à 500 mètres, même à quelques centimètres. Ce dernier cas s'est vu à Kidal, le 3 juin 1933. L'observateur météorologique, M. Crouzet, décrit ce fait exceptionnel de la façon suivante :

« Une tornade de sable d'une forme particulière et d'une intensité inouïe s'est abattue le 3 juin 1933 sur Kidal.

« A 15 h. 10, une énorme masse de sable, tenu et rougeâtre, arrive à Kidal qui fut *plongé dans l'obscurité la plus opaque* jusqu'à 15 h. 20, *obscurité rendant invisible tout objet à 5 centimètres de l'œil*. Puis à 15 h. 20, disparition de cette opacité qui fait place à un vent de sable ordinaire mais encore assez violent et suffisamment dense pour rendre invisible tout arbre à 10 mètres. A 16 heures, la pluie succède au vent de sable jusqu'à 16 h. 15.

« La hauteur d'eau tombée est de 5 mm. 2. Le baromètre enregistreur a fait un crochet de deux graduations vers le bas. Le groupe nomade du Timetrin, en station à Télabit (Etalia), au Nord-Ouest de Kidal (à 80 km. environ), me signale avoir essuyé une violente tornade de sable sèche le 3 juin à 16 heures, à 5 kilomètres au Sud de Kidal, ce jour-là il n'a pas plu mais je n'ai pu savoir s'il y avait eu une tornade de sable comme à Kidal.

« Les indigènes de la région se rappellent avoir vu le même phénomène une fois, il y a très longtemps, sans pouvoir préciser de date. »

Dans le cas du vent de sable à Kidal il s'agit probablement d'une perturbation d'un type cyclonique, le crochet du baromètre étant négatif. Cette dernière expliquerait la quantité formidable de poussières aspirées, la durée relativement courte du phénomène principal et la faible étendue de la pluie.

La prévision des vents de sable au Soudan est

loin d'être au point. Cependant les méthodes suivantes nous ont donné quelques résultats :

1° Les vents de sable se produisent de préférence par période de haute pression ;

2° La nuit qui précède les vents de sable les thermomètres enregistreurs marquent souvent une hausse brusque et momentanée de la température.

3° Si les sondages du matin relèvent un vent en altitude de vitesse anormale (plus de 50 km. heure) il y a de grandes chances pour que les vents de sable se déclanchent quelque part.

Toutefois les prévisions offrant le pourcentage le

plus élevé de réussite doivent être tirées des sondages du vent.

Si les trois conditions sont réunies il y a presque certitude qu'un vent de sable se déclanche dans le nord du Soudan. La grande difficulté c'est de préciser exactement le lieu où il se déclanchera. Cependant dans certains cas il est possible de le situer à l'avance. Par exemple si une station dans le climat sahélien donne à l'observation du matin une vitesse du vent nettement supérieure à celle que signalent les autres stations.

WEISSE,

*Ingénieur-météorologiste des Colonies,  
Bamako (Soudan français).*

## Notes sur l'origine des faibles visibilités et des brouillards d'hiver sur la côte du bas Sénégal

A) La situation qui précède la formation d'épais brouillards entraînant sur cette côte un abaissement de la visibilité au-dessous d'un kilomètre est la suivante :

1° Vent d'Est soufflant dans l'intérieur (Dagana) ou du Sud-Est (Linguère).

Vent d'Est ou, plus fréquemment Nord-Est au sol à Saint-Louis en tout cas près du sol à 100 ou à 200 mètres en altitude.

2° Apparition de brume sèche de plus en plus dense sur l'horizon d'abord, puis dans toute l'atmosphère.

Cette situation se rencontre fréquemment en saison sèche en novembre, décembre, janvier, février, mars et avril, mais par intermittence.

B) Quand le vent d'Est remonte ou disparaît les vents Nord-Ouest ou Ouest reprennent la prédominance et l'humidité augmente.

1° L'humidité continue à augmenter plus ou moins brusquement pour provoquer les fortes rosées, les condensations importantes que l'on note à pareille époque : 10 en février, 14 en mars, 22 en avril, 12 en mai, 10 jours en octobre, 13 en novembre 1934.

2° On observe un abaissement de la visibilité puis, un brouillard épais depuis le coucher du soleil jusqu'à 10 ou 11 heures T. M. G. le lendemain. Le sol est mouillé comme après une pluie. Les condensations sont particulièrement importantes sur certains ar-

bres, notamment sur les filaos (*Casuarina equisetifolia*), les gouttes qui ruissellent alors sont aussi abondantes, aussi importantes que celles d'une pluie moyenne. Plusieurs millimètres d'eau peuvent être enregistrés dans ces conditions par un pluviomètre placé sous ces arbres, tandis que l'on relève des traces au pluviomètre placé dans des conditions ordinaires.

L'examen de la constitution de ce brouillard montre qu'il est d'origine mixte : matières sèches et eau, en somme c'est une véritable boue en suspension dans l'air et qui tend à tomber au sol mais qui se déplace souvent au-dessus du sol dans le courant aérien du moment.

Le processus de sa formation tombe immédiatement sous le sens :

Il y a :

1° Apport dans l'atmosphère de la région et jusqu'au-dessus de la mer, de matières terreuses très fines, très légères, surtout d'origine siliceuse : quartz (éclat nacré et brillant dans les poussières), sable ordinaire des dunes associé à un peu d'argile et de matières organiques dont la présence est due sans doute au voisinage des marigots, desséchés à cette époque, aux débris d'herbes desséchés.

2° Maintien et même accumulation de ces particules dans l'atmosphère, par suite :

a) Du vent d'Est, Nord-Est, Sud-Est soufflant à quelques centaines de mètres en altitude sur la côte

du Sénégal et, au sol, à partir de quelques kilomètres dans l'intérieur.

b) Quelquefois par le retour d'autres particules venant d'Ouest ou du Nord-Ouest, grâce aux vents de ce secteur. En effet, deux jours après un vent d'Est des fibres de kapock revenaient de la mer dans toute la couche du vent d'Ouest-Nord-Ouest.

3° Condensation sur ces particules, ce qui provoque leur alourdissement et leur chute jusqu'au voisinage du sol.

Le soir, ou la nuit, quand le vent du secteur Nord ou Ouest souffle, on a l'impression de véritables nuages se déplaçant au sol avec une vitesse de 5 m/s. en moyenne. Le matin, la vitesse du vent étant plus faible, on a l'impression d'être dans un stratus à peu près immobile.

Comme exemple, citons les brouillards du 20 février 1934 où la visibilité s'est abaissée à moins d'un kilomètre.

Les 16 et 17 février, le vent d'Est souffle en brousse, à Dagana, sur le lac de Guiers, à Makana même. Il est du Nord au sol à Saint-Louis pour passer au Nord-Est à 300 mètres en altitude, provoquant un vent de sable la nuit et la journée du 16 jusqu'à 3 h. 30.

Le vent souffle Nord au sol à la vitesse de 18 m/s.

A partir de ce jour et jusqu'à la fin du mois, la brume est constante dans la région.

Le 18 est notée une première rosée, la visibilité s'abaisse de 15 à 10, puis 6 kilomètres ; enfin à 3 le 19 au matin. La rosée est encore abondante les 19,

20 et 21 février et le 19 à 12 heures T. M. G. la visibilité est inférieure à 1 kilomètre. Elle remonte à 3 à 18 heures, à 4 le 20 et à 5 et 6 le 21 puis varie entre 5 et 9 kilomètres jusqu'au 28.

Pendant cette période le vent était : le 19, Nord-Est puis Est à partir de 200 mètres, Nord-Nord-Ouest au sol et à 100 mètres ; il revient Nord-Nord-Ouest et Nord-Ouest jusqu'à 400 mètres le 26 ; les 26, 27, 28 nouvelles rosées abondantes, l'humidité est élevée, la visibilité s'abaisse encore à 3 kilomètres le 28 au soir.

Un autre cas, celui du 17 et 18 avril est à relever car le brouillard, plus léger et plus étendu en altitude, se maintient à quelque distance du sol empêchant de voir le ciel ; la visibilité horizontale n'était que de 3 kilomètres.

Des cas analogues sont encore à enregistrer en décembre, notamment du 21 au 25, période durant laquelle l'humidité relative varie de 64% (minimum) à 100%.

En résumé, la visibilité, excellente en hivernage, s'atténue en saison sèche et diminue (sans toutefois devenir exceptionnellement faible) sous l'influence de la brume sèche, composée de particules très fines soulevées du continent par les vents. Les visibilités minima s'observent lorsque, du fait de l'augmentation de l'humidité, un véritable brouillard vient s'ajouter à la brume sèche pour former ainsi une brume humide, un « brouillard de boue ».

P. PICQ.

*Ingénieur-météorologiste des Colonies,  
St-Louis (Sénégal).*

## Puissance destructive comparée des cyclones en Amérique et dans l'Océan Indien

Dans l'abondante littérature touchant les cyclones, il est rare de trouver des chiffres pour matérialiser leur violence.

Aussi est-il intéressant de signaler que lors du cyclone qui dévasta la Floride en septembre 1935, le plus fort cyclone observé en Amérique, on enregistra la baisse barométrique record de 82 millimètres de mercure (baromètre à 678 mm.) alors qu'à la Réunion la plus basse hauteur barométrique citée par Bertho fut de 718 millimètres, ce qui donne pour la baisse maxima 4 millimètres environ.

Dans un fort cyclone, à une distance comprise entre

100 et 300 kilomètres du centre, la vitesse du vent est sensiblement proportionnelle à la racine carrée de la baisse barométrique. On peut donc penser que les plus forts vents dans nos parages n'excèdent pas les 2/3 de la vitesse du vent en Floride, en septembre 1935.

Or la vitesse du vent dans le cyclone américain fut au maximum de 360 kilomètres heure, ce qui produisit, sur les constructions, par mètre carré de surface normale, un effort de 1.225 kilos.

On peut donc penser que dans les parages de l'Océan Indien un vent de 240 kilomètres heure est un maxi-

mum correspondant à une poussée de 600 kilos.

Or, dans les colonies françaises, la poussée maxima prévue au cahier des charges est de 280 kilos correspondant à un vent de 175 kilomètres heure.

Les calculs de résistance sont établis en supposant que l'application de l'effort n'est pas instantanée alors que les rafales d'ouragan surviennent en une fraction de seconde, produisant non une poussée mais une percussion.

Dans l'éventualité d'une percussion, le calcul d'un ouvrage d'art devient scabreux du fait de l'incertitude qui règne à la fois sur la structure du vent dans les rafales et sur l'élasticité des matériaux; mais certains prétendent que l'effet percutant peut être deux fois plus destructif que l'effet statique pour une même pression exercée.

Sous l'effort de 280 kilos statiques le béton armé travaille à 0,3 kilo par  $\text{mm}^2$  et le fer à 12 kilos par  $\text{mm}^2$ , alors que les efforts de rupture sont respectivement 2 kilos pour le béton et 120 kilos pour le fer.

On peut donc prévoir que l'ouvrage en béton armé ne sera détruit que par une poussée 7 fois plus élevée que celle fixée au cahier des charges, soit près de 2.000 kilos. Lors du plus fort cyclone, le béton armé possède donc un coefficient de sécurité = 3.

Les ouvrages en bois et en maçonnerie ont des coefficients de sécurité beaucoup moins élevés et cèdent plus facilement.

Des efforts qui ne sont généralement pas prévus dans les calculs, et qui sont peut-être la cause de la plupart des dégâts aux immeubles, sont les brusques différences de pression atmosphérique qui se manifestent dans les rafales et qui font littéralement éclater les maisons. C'est ainsi que des toits et même des maisons légères ont été transportées sur de grandes distances. Aussi recommande-t-on de laisser quelques fenêtres ouvertes lors d'un cyclone si l'on veut équilibrer les pressions de part et d'autres des murs et du toit.

Un navire présentant le flanc au vent, ce qui se produit presque toujours au port de la Réunion, recevrait au maximum une poussée de l'ordre de 1.200 tonnes dans le cas d'un paquebot de 160 mètres de long sur 12 mètres de hauteur au-dessus de la mer.

Il faudrait pour étaler cette poussée que la section des amarres soit de 12.000  $\text{mm}^2$ , ce qui amènerait à prendre 20 amarres de 25 millimètres de diamètre.

Mais avec un tel nombre d'amarres ce sont généralement les appuis qui seront insuffisants et on voit

qu'il est plus économique pour un navire de recevoir le cyclone au large que dans le port.

Quant à la puissance dévastatrice de la mer elle peut être approximativement matérialisée par la hauteur des vagues; en Amérique, les vagues atteignent 9 mètres au-dessus du niveau moyen (record également enregistré à Alger) soit 18 mètres de creux à tête.

Dans les parages de la Réunion les vagues qui atteignent 4 mètres sont l'exception.

Comme la puissance destructive d'une vague (son énergie) est sensiblement proportionnelle à la deuxième puissance de sa hauteur, on peut penser que les plus fortes vagues d'ouragan dans nos parages sont 4 fois moins dangereuses que dans les cyclones américains.

C'est ainsi que poussé par des vagues qui avaient envahi le rivage un vapeur fut transporté à 5 kilomètres à l'intérieur des terres alors qu'en 1927, à Tamatave une petite coque fut transportée à 30 mètres seulement, ce qui parut formidale.

La direction de la houle de tempête est généralement celle du vent dans les petits cyclones des Mascareignes, et la mer semble ainsi tourner autour du centre cyclonique; dans le fort cyclone américain, cité plus haut, la houle semblait poussée par le centre dépressionnaire et le précédait sur sa trajectoire, mais ceci a été signalé aussi dans nos parages.

Le niveau moyen de la mer s'élevait en avant du centre de 1 m. 70 en Floride, alors qu'au port et à Tamatave on n'a jamais enregistré plus de 0 m. 50 et ce chiffre est-il encore exagéré probablement.

On voit donc que les plus forts raz de marée cycloniques sont bien moins dangereux que les raz de marée d'origine séismique qui atteignent souvent 10 mètres.

Il est à noter qu'en Amérique comme dans nos parages, compte tenu du changement d'hémisphère, le côté le plus violent d'un cyclone est celui placé à l'intérieur de la trajectoire, donc le côté gauche dans notre hémisphère.

La vitesse de déplacement du centre cyclonique fut pour le terrible cyclone américain comme pour les cyclones des Mascareignes de 15 à 18 kilomètres heure, cette vitesse tendant à doubler quand le cyclone gagne les latitudes tempérées.

Quant aux pluies du cyclone américain, elles ne furent pas à l'échelle du vent puisque leur total ne dépassa pas 450 millimètres dans le mois, chiffre à rapprocher du chiffre record de 2.400 millimètres enregistré à la Réunion en 1935.

L'effet destructeur de ces formidables déluges de

pluie, dans cette île de relief très tourmenté, prime le plus souvent l'effet du vent, qui n'atteint que rarement la vitesse de 25 mètres-seconde, et alors que chaque année une crue au moins dévaste routes et ponts, la poussée du vent sur les constructions ne

dépassent pas le quart de celle prévue dans les cahiers des charges.

DE MONTS,

*Ingénieur-météorologiste des Colonies,  
Saint-Denis (Réunion).*

## NOTES ET INFORMATIONS

**La première Conférence Météorologique Africaine** s'est tenue à Lusaka (Rhodésie du Nord), du 16 au 27 août 1936, sous la présidence de M. Walter, Directeur du Service Météorologique du Kenya. Elle réunissait les membres de cinq délégations : anglaise, belge, française, italienne et portugaise. La délégation française comprenait MM. Richard, Chef du Service météorologique de l'Afrique Equatoriale française ; Mondain, Chef du Service météorologique de Madagascar ; Bouveret, Chef du Service des P. T. T. de Madagascar.

Au cours des séances de la conférence, 42 résolutions furent adoptées à l'unanimité. Elles seront ultérieurement publiées dans cette revue. On ne signalera ici que quelques-unes d'entre elles :

1<sup>o</sup> Fixation à 0700 et à 1300 TMG des heures des observations synoptiques ;

2<sup>o</sup> Extension aux jours fériés des émissions collectives de la semaine ;

3<sup>o</sup> Application de la réduction de la pression aux seules stations situées à moins de 400 mètres d'altitude ;

4<sup>o</sup> Adoption d'un chiffre spécial du code pour la diminution de la visibilité du fait des feux de brousse ;

5<sup>o</sup> Etablissement des moyennes par décades ;

6<sup>o</sup> Partage des régions africaines — Afrique méditerranéenne exceptée — en 4 groupes distincts pour l'émission des radiométéos, savoir :

Afrique de l'Ouest, centre d'émission : Dakar ;

Afrique de l'Est, centre provisoire d'émission : Asmara ;

Afrique du Centre, centre d'émission : Brazzaville ;

Afrique du Sud, centre provisoire d'émission : Tananarive.

**Le 6<sup>e</sup> Congrès de l'Union Géodésique et Géophysique internationale** s'est tenu à Edinburgh (Ecosse), du 16 au 26 septembre 1936, sous la présidence de M. Bowie, Président de l'Union. Ce congrès réunis-

sait les Associations internationales de Géodésie, Séismologie, Météorologie, Magnétisme et électricité terrestres, Océanographie, Volcanologie et Hydrologie. Le Ministère des colonies avait envoyé comme délégué M. H. Hubert, Inspecteur général du Service météorologique colonial ; l'Indochine s'était fait représenter par M. Charvet, Directeur de l'Institut océanographique de cette colonie.

A l'issue du Congrès, M. Lacour (Danemark) a été élu Président de l'Union. Parmi les membres français nouvellement désignés pour faire partie des bureaux des Associations figurent MM. Michel-Lévy, nommé Président de l'Association de Volcanologie et Wehrlé, nommé Vice-Président de l'Association de Météorologie. Des renseignements sur les travaux du Congrès seront fournis dans un prochain numéro des *Annales*.

**La station météorologique principale de Pointe-Noire** a été mise en service en juillet 1936.

A l'occasion de la **foire-exposition organisé à Brazzaville**, le 14 juillet 1936, un stand a, pour la première fois, été réservé au Service météorologique de l'A. E. F. Les travaux présentés par cet organisme, après avoir retenu l'attention du public, lui ont valu les félicitations du Gouverneur Général.

**La Commission internationale pour l'Etude des Raz de Marée** s'est réunie dans les locaux de l'Université, à Edinburgh (Ecosse), le 22 septembre 1936, à 9 heures, sous la Présidence de M. Imamura, Président.

Elle a notamment décidé la continuation de sa publication annuelle ; l'utilisation à des recherches scientifiques des crédits actuellement disponibles ; la mise au point d'une terminologie se rapportant aux différents types d'invasions par la mer ; l'organisation, sur un plan plus général, des études poursuivies jusqu'à ce jour ; la liaison avec l'Organisation Météorologique Internationale, etc.

Le bureau sortant (M. Imamura, Président, M. Hubert, Secrétaire) a été réélu.

Sur la proposition de l'Association d'Océanographie, la Commission a été chargée, en outre, pour

l'avenir, de la centralisation des résultats des recherches entreprises sur la boule par les services spécialisés des différents États.

## BIBLIOGRAPHIE

LACROIX (Alfred). — **Sur des météorites pierreuses tombées dans l'Air (Colonie du Niger).** *C. R. A. S.* 1935, t. 200, p.

Deux météorites ont été recueillies dans l'Air, à 95 kilomètres de distance. La question se pose de savoir si ces deux météorites sont dues ou non à deux chutes indépendantes. Leur étude minéralogique, qui décèle des caractères identiques et la présence dans chacune d'entre elles de *merrillite* (phosphate calcosodique) constituent des présomptions sérieuses en faveur de leur communauté d'origine. On serait alors en présence d'une aire de dispersion de beaucoup supérieure à toutes celles observées jusqu'à ce jour.

\* \* \*

CARTON (P.). — **Le Climat de l'Indochine.** *Bulletin Général de l'Instruction Publique* 1934, N° 2.

Cette étude, destinée aux élèves de certaines Ecoles d'enseignement supérieur en Indochine, est basée sur les caractéristiques des différents facteurs météorologiques : régime barométrique, régime des vents, température, pluie, humidité atmosphérique, nébulosité, rosée et brouillards, insolation, perturbations atmosphériques.

\* \* \*

HUBERT (Henry). — **Sur les limites des courants aériens dans l'Afrique de l'Ouest** (*C. R. Ac. Sc.* 1936, t. 202, p. 1695).

Les renseignements donnés précédemment par l'auteur sont complétés en latitude jusqu'à Brazzaville d'une part et jusqu'à Tamanrasset d'autre part.

Les limites moyennes des différents courants aériens observés jusqu'à 10.000 mètres de hauteur sont :

a) *Alizé*. — Janvier : limite Nord 27-33° lat. N ; limite Sud 17° lat. N ; plafond 1.500 m. ; — août :

ce courant ne subsiste plus dans l'intérieur du continent, au moins au sud du Tropique du Cancer.

b) *Mousson*. — Janvier : limite Nord (seule connue) 4° lat. N. ; août : limite Nord (seule connue) 21° lat. N. ; plafond 3.000 m.

c) *Courant équatorial*. — Toute l'année : limite S = limite N mousson ; limite N environ 1.000 kil. au Nord de la limite Sud.

En hiver : finit en coin entre l'alizé et le contre-alizé ; plafond, plus de 10.000 m. dans la zone centrale.

a) *Contre-alizé septentrional*. — En hiver recouvre l'alizé, puis le courant équatorial jusqu'aux environs du 4° lat. N. où paraît finir en pointe. Plafond non déterminé.

\* \* \*

ROTHÉ (Ed.). — **La Commission Française d'Etude des Calamités** (*Revue Scientifique*, n° 10, 23 mai 1936).

Cette Commission, de consécration officielle, est un organe de liaison entre les différents milieux scientifiques s'occupant d'une calamité déterminée.

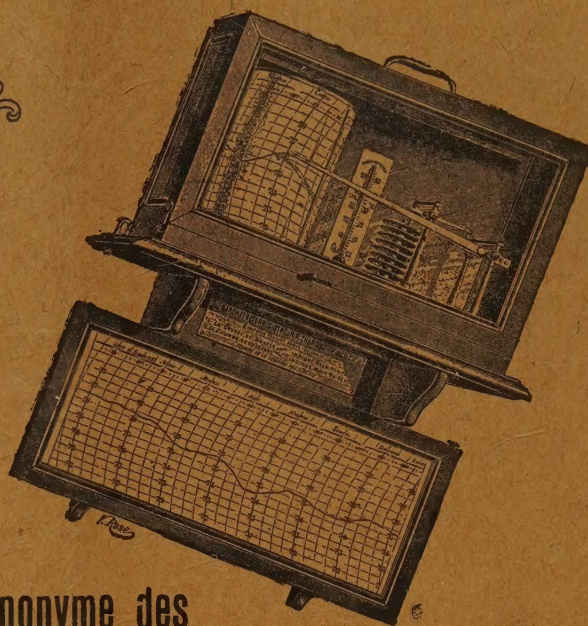
Ses travaux englobent en particulier l'étude des séismes, des éruptions volcaniques, des raz de marée, des cyclones, des inondations. Ils s'étendent aussi à bien d'autres domaines que ceux de la géophysique : épidémies, famines, accidents de mines, éboulements, lutte antiacridienne, etc.

\* \* \*

BRUZON (E.). — **Observations météorologiques faites par les navires en mer, année 1933.** *Service Météorologique de l'Indochine*. Phu-Lien, 1934.

Ce recueil renferme tous les météogrammes chiffrés (environ 4.300) envoyés par les navires ayant fréquenté les mers de Chine pendant l'année 1933.

L'Éditeur-Gérant : R. PINARDON.



Société Anonyme des

# **Etablissements Jules RICHARD**

**25, Rue Mélingue, PARIS (20<sup>e</sup>)**

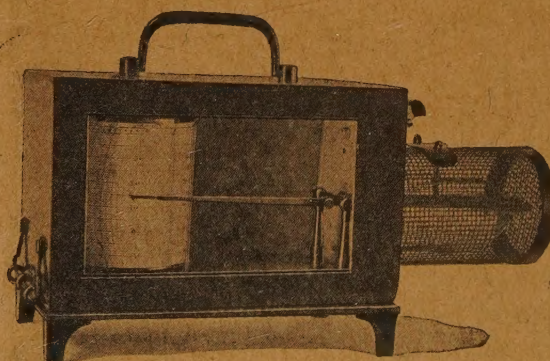
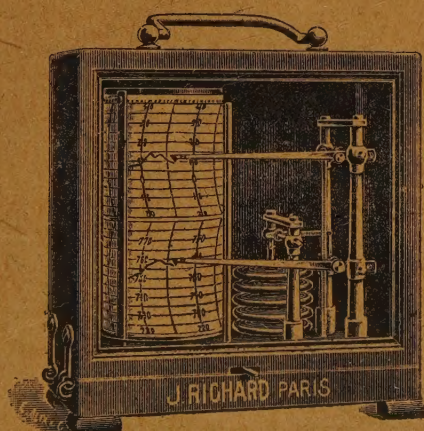
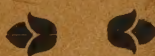
Tél. : Botzaris 88-80

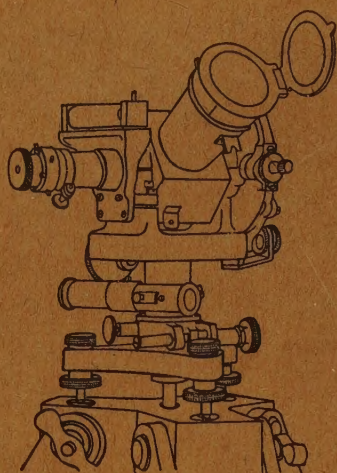
Tél. : Botzaris 88-80

**INSTRUMENTS DE PRÉCISION**

❧ ❧ de Mesure et de Contrôle ❧ ❧

**pour les Sciences et l'Industrie**





A. BERTHELEMY \* - LORIEUX \* - PONTUS \* et THERRODE \*

## Etab<sup>ts</sup> Albert LEPETIT & C<sup>ie</sup>

Société en commandite simple. Capital 1.000.000 de francs

Constructeurs

20, Rue Marie Debos, à Montrouge (Seine)

Tél. Alésia 26-37

Ad. tél. Ponrode Paris 14

Fournisseurs des Ministères des Colonies, de la Marine, du Service Géographique de l'Armée.

### Instruments de Précision

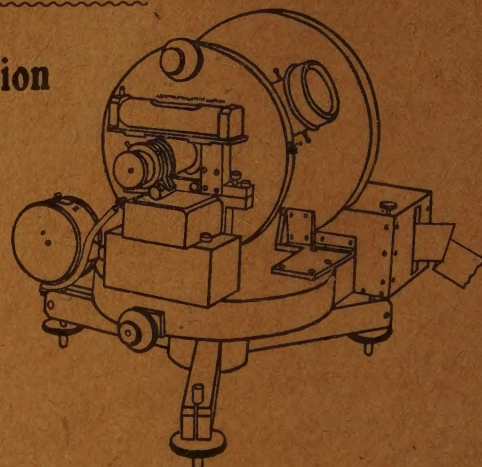
pour

— la Topographie, la Marine —  
l'Aviation, la Météorologie, etc...

THÉODOLITES SIMPLES ET ENREGISTREURS  
POUR LE REPÉRAGE DES BALLONS-SONDES

Catalogues franco sur demande

Rég. Comm. Seine 229-817B



### ROSENMULLER DRESDEN

ANÉMOMÈTRES  
POUR TOUTES VITESSES  
(à partir de 0,02 m/sec.)

GIROUETTES

TUBES DE PITOT

MICROMANOMÈTRES

### LAMBRECHT GÖTTINGEN

HYGROMÈTRES  
PSYCHROMÈTRES

BAROMÈTRES

PLUVIOMÈTRES

EVAPOROMÈTRES

HÉLIOMÈTRES

### A. OTT KEMPTEN

PLANIMÈTRES  
INTÉGRAPHES  
ANALYSEUR-HARMONIQUE

ENREGISTREUR  
DE MARÉE ET DE HOULE

APPAREILS  
POUR L'ÉTUDE  
DES COURANTS D'EAU

### J. BAROT

Représentant exclusif  
pour la France et les Colonies

20, Rue de Varenne, PARIS (7<sup>e</sup>)

Catalogues franco sur demande